



Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий

Сборник трудов
Всероссийской
научно-технической конференции

09-10.12.2010
Санкт-Петербург

Министерство образования и науки Российской Федерации
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Сборник трудов
Всероссийской научно-технической конференции

Под научной редакцией
Н.И. Ватина

Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета
2011

УДК 699.231.3, 699.86
С 86

Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий : сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции / под науч. ред. Н.И. Ватина. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 88 с.

Сборник содержит статьи по материалам докладов участников научно-технической конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий». В 2010 г. основными темами конференции стали: теплозащитные свойства ограждающих конструкций; влажностный режим строительных конструкций; методики испытаний ограждающих конструкций и строительных материалов; теплофизические свойства строительных материалов; энергосбережение при строительстве и эксплуатации зданий; методология разработки нормативных документов по строительной теплофизике.

Также в сборник вошли тезисы выступлений студентов ГОУ СПбГПУ на Неделе Науки СПбГПУ в подсекции «Энергоэффективные ограждающие конструкции» (кафедра «Технология, организация и экономика строительства»).

Оглавление

Пост-релиз конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий».....	4
Аверьянов В.К., Кочнев А.П., Михайлов А.Г., Тютюнников А.И., Мележик А.А. Комплексная оценка энергоэффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности жилых и гражданских зданий.....	9
Гагарин В.Г., Козлов В.В. Корректировка нормирования теплозащиты ограждающих конструкций в СНиП «Тепловая защита зданий».....	26
Кузнецов А.В. Оценка теплотехнических качеств зданий монолитной конструкции Санкт-Петербурга.....	35
Редько Ю.Б., Войлоков И.А. Характерные циклы эксплуатационных воздействий при теплотехнических испытаниях стеновых конструкций.....	44
Сафин И.Ш., Куприянов В.Н., Крайнов Д.В., Садыков Р.А. Экспериментальное определение влагосодержания по толщине ограждающей конструкции.....	49
Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича.....	56
Редько Ю.Б. К вопросу об эффективности энергосберегающих водно-дисперсионных покрытий на основе микросфер.....	71
Тазеева Е.Т., Горшков А.С. Расчет энергоэффективности зданий.....	74
Немова Д.В., Ватин Н.И. Анализ целесообразности увеличения толщины теплоизолирующего слоя в системах навесных вентилируемых фасадов (нвф) в целях повышения энергоэффективности.....	76
Попов Д.Ю., Горшков А.С. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности.....	79
Бердюгин И.А., Ватин Н.И. Применение теплоизоляционных изделий из каменной ваты и стекловолокна.....	83
Согомонян И.А., Зырянов П.С., Гринфельд Г.И. Анализ температурно-влажностного режима газобетона.....	85



Пост-релиз конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий»

9-10 декабря 2010 г. в Санкт-Петербурге в рамках Второго Международного конгресса «Энергоэффективность. XXI век» состоялась III научно-техническая конференция «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий».

Конференция прошла в «ЛенЭКСПО» и была посвящена разработке практических рекомендаций по повышению энергоэффективности жилищного, административного и промышленного строительства в соответствии с требованиями, изложенными в Федеральном Законе № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Организаторами конференции выступили:

- ГОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ)
- ГОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)
- ФГАО ДПО Петербургский Энергетический Институт Повышения Квалификации (ПЭИПК)
- НП «АВОК Северо-Запад»
- НП ОППУ «Метрология энергосбережения»
- НП «Профессиональное объединение производителей строительных материалов и изделий»
- НИУПЦ «Межрегиональный институт окна»
- ПНИПКУ «Венчур»

Организационный комитет конференции:

- Гагарин Владимир Геннадьевич – д.т.н., профессор, заведующий лабораторией Строительной теплофизики НИИСФ РААСН, член президиума НП «АВОК»;
- Гримитлин Александр Михайлович – д.т.н., профессор, президент НП «АВОК Северо-запад», член президиума НП «АВОК»;
- Ватин Николай Иванович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология, организация и экономика строительства» ГОУ СПбГПУ;
- Дацюк Тамара Александровна – д.т.н., профессор, декан Факультета инженерно-экологических систем ГОУ СПбГАСУ;
- Куренкова Александра Юрьевна – директор НИУПЦ «Межрегиональный институт окна»;
- Таджикибаев Алексей Ибрагимович – д.т.н., ректор ФГАОУ ДПО ПЭИПК.

Целью конференции стало обсуждение вопросов текущего состояния нормативной документации по обеспечению энергоэффективности жилых, общественных и производственных зданий, возводимых на территории Российской Федерации, необходимости ее актуализации и дополнения с учетом современных научно-технических, инженерных, архитектурных и градостроительных достижений.

В конференции приняли участие специалисты ведущих научно-исследовательских институтов, государственных образовательных учреждений, некоммерческих партнерств в области энергоаудита, испытательных центров и лабораторий, производителей современных энергосберегающих строительных материалов и изделий. Среди них – НИИСФ РААСН, ВНИИМ им. Д.И.Менделеева, ГОУ ВПО КазГАСУ, ГОУ ВПО СПбГАСУ, ГОУ ВПО СПбГУ, ГОУ ВПО СПбГПУ (Политехнический университет), ГОУ ВПО «ПГУПС», ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», Военно-Космическая Академия им. А.Ф. Можайского, ОАО «Газпром Промгаз», НИУПЦ «Межрегиональный институт окна», ОАО «ЛЕННИИПРОЕКТ», ОАО «Институт Новгородгражданпроект», ОАО «СПбЗНИИПИ», ООО «АЭРОК», ЗАО «ПАРОК», ОАО «Победа ЛСР», ООО «ПетроПерлит», ООО «Строительная изоляция», ЗАО «ТТМ» и многие другие. Деятельность этих организаций связана с разработкой нормативной и методической документации по тепловой защите зданий, методических основ проведения энергоаудита, с выпуском энергосберегающих строительных материалов и энергоэффективного инженерного оборудования, решением практических задач по обеспечению требуемой энергоэффективности проектных решений, проведением теплотехнических испытаний современных строительных материалов.

Помимо перечисленных российских государственных учреждений и коммерческих организаций в конференции приняли участие гости из

Украины (ГП «НИИСМИ») и Дании (H+N International A/S), что в немалой степени способствовало обмену опытом между российскими специалистами и их коллегами из других стран.

Список основных докладчиков конференции представлен ниже, в Приложении I. По итогам работы III научно-технической конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий» состоялось обсуждение докладов и выступлений, на основании которых были выработаны основные решения конференции, представленные в Приложении II настоящего пост-релиза. Основные итоги и решения конференции доведены до сведения Правительства Российской Федерации, Министерства регионального развития, специализированных вузов, проектных и научно-исследовательских организаций.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Список докладчиков III научно-технической конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий»

Гагарин Владимир Геннадьевич , профессор, д.т.н., заведующий лабораторией Строительной теплофизики НИИСФ РААСН, член-корр. РААСН	Актуализация и дополнение принципов нормирования раздела «Теплозащита ограждающих конструкций» в СНиП 23-02-2003 в соответствии с требованиями федерального законодательства
Аверьянов Владимир Константинович , профессор, д.т.н., заслуженный деятель науки РФ, член-корр. РААСН; Кочнев Анатолий Петрович , доцент, к.т.н., заведующий лабораторией экологии и акустики ОАО «ЛЕННИИПРОЕКТ»; Михайлов Александр Георгиевич , профессор, доктор науки и техники, ведущий специалист отдела развития систем энергоснабжения в г. Санкт-Петербург ОАО «Газпром промгаз»; Тютюнников Анатолий Иванович , доцент, к.т.н., ведущий специалист отдела развития систем энергоснабжения в г. Санкт-Петербург ОАО «Газпром промгаз»	Рейтинговая система оценки уровня экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности при нормативных или меньших затратах на невозобновляемые энергоресурсы
Соколов Николай Александрович , д.т.н., член-корр. Международной академии холода, представитель РФ в рабочей группе по обеспечению единства измерений теплофизических величин WG 9	Создание Российской базы данных по теплопроводности теплоизоляторов

Международного бюро мер и весов, руководитель лаборатории теплофизических измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»; Соколов Александр Николаевич , младший научный сотрудник ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»	Оценка удельной тепловой характеристики зданий с использованием численного моделирования
Дацик Тамара Александровна , профессор, д.т.н., декан Факультета инженерно-экологических систем ГОУ СПбГАСУ; Ивлев Юрий Павлович , инженер ГОУ СПбГАСУ	Особенности проектирования светопрозрачных конструкций в соответствии с требованиями энергосбережения
Куренкова Александра Юрьевна , директор НИУПЦ «Межрегиональный институт окна»	Экспериментальное определение влагосодержания по толщине ограждающей конструкции
Крайнов Дмитрий Владимирович , ассистент кафедры «Теплоэнергетика» ГОУ КазГАСУ; Сафин Ильдар Шавкатович , заведующий лабораторией «Строительная физика» кафедры «Проектирование зданий» ГОУ КазГАСУ; Куприянов Валерий Николаевич , д.т.н., профессор ГОУ КазГАСУ, чл-корр. РААСН	Наружные стены современных зданий из поризованной керамики. Долговечность. Тепловая инерция. Потери тепловой энергии
Кочнев Анатолий Петрович , доцент, к.т.н., заведующий лабораторией экологии и акустики ОАО «ЛЕННИИПРОЕКТ»	Строительство и эксплуатация в странах Европы энергоэффективных зданий с применением изделий из автоклавного газобетона
Горм Расмуссен (Дания), представляет интересы Национальной Ассоциации производителей Автоклавного Газобетона (НААГ)	Свойства базальтового волокна теплоизоляции PAROC
Надиевский Сергей Юрьевич , ст. научный сотрудник ГП «НИИСМИ» (Украина, г. Киев)	Использование перлита в энергоэффективном строительстве
Барботько Эдуард Григорьевич , старший преподаватель ГОУ СПбГАСУ	Керамические теплоизоляционные покрытия и их использование в строительстве

ПРИЛОЖЕНИЕ II

Основные итоги и решения

III научно-технической конференции

«Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций»

Результаты обсуждения докладов и выступлений участников конференции можно представить в следующих основных решениях конференции:

1. На основании заслушанного участниками конференции доклада доктора технических наук, профессора Гагарина В.Г. принято решение поддержать представленную в докладе концепцию актуализации и дополнения СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» как соответствующую требованиям Федерального Закона от 23.11.2009 N261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», а также Указа Президента РФ от 4 июня 2008 г. N 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».

2. На основании ряда докладов, прозвучавших на конференции, а также поступивших в ходе проведения конференции и после ее окончания предложений со стороны участников конференции, представляющих различные регионы страны, принято решение о необходимости разработки региональных методических документов по вопросам обеспечения энергоэффективности зданий, возводимых на территории субъектов Российской Федерации, учитывающих специфику строительства, параметры климатической активности и обеспеченность региона теми или иными видами строительных материалов и изделий.

3. По аналогии с большинством стандартов стран Европы в качестве основного критерия энергетической эффективности установить для зданий единый комплексный показатель, – удельный расход тепловой энергии на отопление за отопительный период с учетом воздухообмена, теплоступлений и ориентации зданий, а также разработать методические основы классификации зданий по показателям их энергетической эффективности как при проектировании, так и в дальнейшем при эксплуатации.

Аверьянов В.К., Кочнев А.П., Михайлов А.Г., Тютюнников А.И., Мележик А.А., Комплексная оценка энергоэффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности гражданских зданий

В.К. Аверьянов, д.т.н., профессор, член-корреспондент РААСН, Президент Союза энергетиков Северо-Запада РФ

А.П. Кочнев, к.т.н., доцент, зав. лабораторией экологии и акустики ОАО «ЛЕННИИПРОЕКТ»

А.Г. Михайлов, д.н. и т., профессор, ведущий специалист отдела развития систем энергоснабжения в г. СПб ОАО «Газпром промгаз»

А.И. Тютюнников, к.т.н., доцент, ведущий специалист отдела развития систем энергоснабжения в г. СПб ОАО «Газпром промгаз»

А.А. Мележик, инженер отдела развития систем энергоснабжения в г. СПб ОАО «Газпром промгаз»

Комплексная оценка энергоэффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности гражданских зданий

Совместное решение экологических, санитарно-эпидемиологических и энергетических требований в настоящее время стало насущной задачей современного строительства, что подтверждается практикой как зарубежного, так и отечественного опыта. Легитимность этой тенденции подкрепляет недавно принятый «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [10]. В последнее время в стране идет дискуссия по вопросам комплексной оценки энергоэффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности зданий, опубликовано ряд работ посвященных этим вопросам [1 - 9, 11,12].

Энергоэффективное – это здание, в котором за счет реализации совокупности функционально-планировочных, конструктивных и инженерных решений, использования возобновляемых источников энергии, энергоресурсов затрачивается меньше принятых нормативных стандартов, при одновременном обеспечении необходимого уровня экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности.

В настоящее время архитекторы, инженеры, экологи и гигиенисты России предусматривают, в части их касающейся, решения по экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности зданий на основе действующих нормативных требований. Комплексное рассмотрение на основе современных требований к экологии и эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов, в отечественной практике к настоящему времени проработано недостаточно.

В условиях запаздывания выхода в свет нормативно-методических документов, ряд специалистов в России, по аналогии с зарубежными подходами, предлагает ввести упрощенную балльную (тестовую) оценку эффективности (в том числе энергетической) современных зданий [5, 6]. Решение здесь принимается на основе ранжированного перечня мероприятий с присвоением каждому из них определенного количества баллов. Активизируются работы по заимствованию зарубежных «зеленых» стандартов и придания им статуса государственных [3, 4, 8, 11].

Для анализа сути рассмотрим особенности наиболее распространенных в мире рейтинговых систем: американской LEED и английской BREEAM. По системе BREEAM сертифицировано 200 тысяч зданий, а по системе LEED – 5,5 тысяч зданий. В системе BREEAM преобладают экологическая и санитарно-эпидемиологическая компоненты, а энергетическая компонента недостаточно значима. В результате – комплексный подход в системе отсутствует, а прямое применение или адаптация системы в России невозможны из-за полной, устойчивой невязки с российскими государственными нормами и с практикой энергетического проектирования. В системе LEED регламентируется восстановление зеленых насаждений в период строительства. Однако в России восстановление зеленых насаждений нормируется СанПиНами и гораздо строже, чем рекомендациями системы LEED. Вопросы размещения объекта, выбор участка и прочие моменты системы LEED отчасти даже неприемлемы в их теперешней редакции, т.к. они намного жестче и регулируются в нашем отечестве с помощью ПЗЗ и СанПиН.

По «зеленым» стандартам на некоторых объектах возможно присвоение сопоставимых балльных эквивалентов разным по значимости в энергосбережении элементам. Например, доступности сервиса, общественного транспорта и мест хранения велосипедов, обеспечению емкости парковок автомобилей и восстановлению зеленых насаждений суммарно присваивается 14 баллов, а всему комплексу оптимизации энергопотребления крупнейшего здания, насыщенного энергоустановками, например – от 1 до 19 баллов.

Таким образом, при сертификации зданий по международным «зеленым» стандартам могут возникать спорные ситуации, когда присвоенный сертификат не характеризует напрямую эффективность функционирования здания как потребителя ТЭР и воды. Так, в соответствии с рисунком 1, на примере системы LEED (максимальное количество баллов – 106, минимальный уровень сертификата «хорошо» – 40 баллов) видно, что сертификат «хорошо» может быть получен при акценте на требования, не влияющие на показатели эффективности

функционирования здания. Более высокие сертификаты могут быть достигнуты за счет незначительных вложений в основные направления, повышающие эффективность.

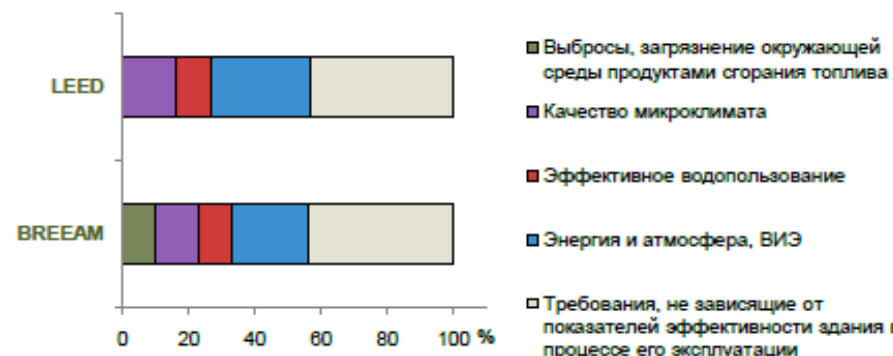


Рисунок 1 Вклад различных требований в общую сумму баллов при сертификации жилых домов (по данным проф. К. Рюккерта – Берлинский технический университет [13])

Это обстоятельство вызывает определенную настороженность. Количественные векторы и оценки в LEED, позволяющие наладить аудит, технадзор, мониторинг, комиссинг и пр., не определяются; строгих расчетов энергетического баланса не предусмотрено. Вместе с тем, по Приказу №182 Минэнерго требуется определение обязательных количественных показателей в киловаттах, а не в баллах. От Минэнерго не отстает в требовательности строгих количественных показателей и Минрегионразвития, издав 28 мая 2010г. Приказ № 262. Таким образом, зарубежные подходы отличаются от устоявшихся в нашей стране систем нормирования, экспертизы, надзора и проектирования. Из-за логичной, может быть, за рубежом компоновки экологических (объект–природа) и санитарно-эпидемиологических (объект–человек) критериев в системе LEED существует определенный перекоп по сравнению с отечественной практикой. В связи с тем, что в системе LEED высокий балльный уровень принадлежит экологическим аспектам, авторы российского варианта системы LEED этот высокий балльный уровень отнесли к санитарно-эпидемиологическим компонентам – микроклимату и пр. (10 баллов). В итоге всего от 1 до 5 баллов получают действительно экологические компоненты. Выбор система LEED «производит» в сравнении варианта проекта здания с учетом LEED с вариантом того же здания, запроектированного по современным нормам и без учета LEED.

Безусловно, тестовые технологии всегда выглядят привлекательными, однако широкое их применение в принятых за рубежом формах во всем диапазоне задач по экологии и энергосбережению в зданиях может вызвать реакцию обратную требованиям реализации государственной задачи повышения требуемой энергоэффективности.

На протяжении последних десятилетий в России вполне успешно ведется, в том числе и одним из авторов статьи, разработка ряда экологических и санитарно-эпидемиологических разделов проектно-сметной документации (ПСД): «Санитарно-эпидемиологическое обоснование отвода земельного участка», «Защита от шума в здании», «Охрана окружающей среды при строительстве», «Охрана окружающей среды при эксплуатации объекта», «Регламент по образованию и безопасному обращению со строительными отходами». Как известно, согласование данных разделов осуществляется в Комитетах по природопользованию, Ростехнадзоре, ФГУЗ, Роспотребнадзоре, а также в государственной экспертизе.

Следует отметить, что все указанные разделы ПСД в России имеют основательные нормативную базу и проектную проработку - в этом особенность российской практики. Эти документы, как правило, проходят согласование у экспертов многочисленных государственных контролирующих органов. Поэтому, большинство компонентов, оцениваемых по рейтинговой системе зарубежных «зеленых» стандартов, реально имеется и в Российской проектной практике. Они рассматриваются при проектировании подробно, но, в отличие от «зеленых» стандартов, на основе соответствующих расчетов, согласно действующим СНиП, СанПин, ГОСТ и РМД в части градостроительного проектирования и правил землепользования и застройки (ПЗЗ).

В настоящее время, с учетом современных подходов к оценке качества застройки эти компоненты целесообразно надлежащим образом ввести в российские «зеленые» стандарты, имея в виду четкое разделение их по легитимным и самостоятельным категориям экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности. Такой подход, но с учетом специфики объекта строительства, уже осуществлен в «зеленом» стандарте Олимпстрой. Следует отметить, что в России критерий любого физического фактора, например, шума, относить к категории экологической безопасности не совсем традиционно, так как такой критерий, по российским меркам, является санитарно-эпидемиологическим и находится в ведении Роспотребнадзора, а не Комитетов по природопользованию. Аналогично санитарные разрывы между зданием и железной дорогой проблематично относить к экологическим критериям,

как это практикуется в системе LEED. Санитарные разрывы являются санитарно-эпидемиологическими критериями, ориентированными на человека, а не на природу, они совершенно недвусмысленно (иногда без права выбора) диктуются СанПин и ПЗЗ.

Несмотря на то, что, компоненты зарубежных «зеленых» стандартов в Российской проектной практике хорошо и подробно, с достоверными количественными оценками параметров, прорабатываются проектировщиками, делается это с иной целью. Указанные компоненты практически не привязаны к комплексной оценке проектируемых энергоэффективных зданий.

В определении энергоэффективного здания заложена цель, к которой необходимо стремиться, разрабатывая его проектное решение - обеспечение соответствующего потребительского уровня экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности при нормативных или меньших затратах на невозобновляемые энергоресурсы.

Для этого необходимо объединить показатели указанных трех основных категорий в одном блоке с той же целью, для достижения которой предназначены, по идее, и «зеленые» стандарты. Однако без численного определения ранжируемых затрат на невозобновляемые энергоресурсы это сделать практически невозможно.

Малое число классов по СНиП 23-02-2003 и их очень широкие интервалы для предельных значений удельного расхода тепловой энергии на отопление делают неразличимыми большинство решений по энергоэффективности. Здесь из условий формирования числового вектора энергоиндексации необходимо также совершенствование технических норм с включением предельных затрат энергоресурсов не только на отопление (вентиляцию), но и на горячее водоснабжение и др.

Можно считать, что в России в 2010 году заканчивается первый этап формирования подходов к энергосбережению в зданиях. С целью развития работ по сбережению энергетических ресурсов в стране, по возможности без потерь экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности, начинается массовая смена нормативов и удельных показателей.

Стандартам с экологической ориентацией в России в 2010 году уделяется серьезное внимание и на правительственном уровне. В соответствии с Распоряжением Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации №19-р от 24 мая 2010 года разработана рейтинговая оценка соблюдения критериев соответствия системы добровольной экологической сертификации объектов недвижимости. В Ростехрегулирование Минприроды РФ направило уведомление о начале разработки национального стандарта «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости».

Первый российский Олимпийский «зеленый» стандарт [3] представляется весьма прогрессивным на данном этапе интенсивного развития методик и норм:

- экологические и санитарно-эпидемиологические требования аккуратно и профессионально разделены, поэтому противоречия с российскими нормами отсутствуют, что позволяет при желании все оценить и доказать методически обоснованными расчетами и оценками, результаты которых поддаются приборному и количественному аудиту;

- вообще все требования предметно и рационально разделены, а в совокупности образуют логичный комплекс детальных экспертных требований и рекомендаций, близкий и к российскому менталитету, и к устоявшейся системе нормирования, экспертизы и надзора, и к системам проектирования, строительства.

Вместе с тем, олимпийский «зеленый» стандарт ориентирован, в первую очередь, на градостроительный аспект проблемы, на сеть спортивно-оздоровительных комплексов, а не на здания в крупном городе. Поэтому в нем много должного внимания уделяется генерации, транспортировке энергоносителей, возобновляемым источникам и затем уже – количественным строгим оценкам, энергетическим балансам и т.д. Уклон стандарта, в основном, к экологической стороне сертификации весьма очевиден, что затрудняет наладку энергетического аудита по конкретному зданию в городской застройке.

Как показывают тенденции развития российского энергетического нормирования, в самом ближайшем будущем мы вообще откажемся от не числовых оценок экологических и санитарно-эпидемиологических параметров энергоэффективного объекта, а использование тестового принципа, в качестве основной оценочной методики, оставим зарубежным «зеленым» стандартам или на усмотрение инвесторов и российских исполнителей проектов для определения их взаимных интересов на прединвестиционной стадии.

Данная логика нашла свое частичное воплощение в предложении творческого коллектива (В.В.Гранев, А.Л.Наумов, Ю.А.Табунщиков) [8], создавшего российский вариант рейтинговой системы оценки качества зданий (таблица 1).

Таблица 1

Группа требований	Число критериев	Количество баллов
1. Генеральный план и ландшафт	7	41
2. Архитектура и планировочные решения	10	63
3. Рациональное водопользование	3	20
4. Энергоэффективность	3	120
5. Материалы, ресурсы, оборудование	3	30
6. Качество и комфорт среды обитания	4	60
7. Отходы и опасные материалы	3	15
8. Нетрадиционные и альтернативные энергоисточники	2	60
9. Дополнительные требования и мероприятия	3	55
Итого	38	464

В этой системе 11 из 38 признаков, т.е. 29% от общего числа - представлены уже в количественном выражении, что авторам удалось сделать при определенном понимании и учете возможностей российского менталитета, нормативно-технической и проектной практики, высочайшего профессионального уровня проектировщиков, при необходимости умеющих и любящих точные расчеты и недвусмысленные оценки. Однако отдельные положения этой системы, на наш взгляд, требуют дальнейшего развития.

В частности, целесообразно систематизировать признаки в логической последовательности на достижение потребителем цели, к которой надо двигаться, применяя рейтинговые оценки – энергетическую эффективность, экологическую и санитарно-эпидемиологическую безопасность.

Ряд показателей требует количественных характеристик, например загрязнения приземного слоя атмосферы, верхних слоев атмосферы выбросами CO₂ и другими веществами, затрат первичных энергоресурсов на проектируемом, строящемся и эксплуатируемом здании.

Некоторые количественные оценки требуют уточнения на соответствие с отечественными нормами в части экологических и санитарно-эпидемиологических требований.

Так что, несмотря на существенную долю количественных признаков, анализируемый вариант рейтинговой оценки ближе пока к зарубежным «зеленым» стандартам, чем к отечественной проектной практике.

На наш взгляд систему рейтинговой оценки качества зданий можно уточнить – с целью формирования крайне необходимой, на современном этапе развития энергосбережения, комплексной оценки энергетической эффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности – и составить её из трех взаимосвязанных основных укрупнённых категорий (энергетическая, экологическая и санитарно-эпидемиологическая). В основные категории включить отдельные регистры требований и рекомендаций с современной количественной оценкой энергетической эффективности, а также на основе российской системы нормативного обеспечения экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности зданий (таблица 2).

Три уровня рейтинга – проект, строительство и эксплуатация по-прежнему остаются базовыми уровнями.

Таблица 2 - Перечень категорий и регистров энергетической эффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности зданий

Категория	Регистр	Характеристика
Основные и обязательные категории		
1	Энергетическая эффективность (177 баллов, 75 требований и рекомендаций)	
	1	Использование эффективного оборудования, технологий и устройств в системах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, охлаждения и кондиционирования (40 требований и рекомендаций) Количественные отчетные показатели обязательной энергетической эффективности – числовая энергоиндексация (векторы энергоиндексации в физических единицах затрат тепловой энергии, замещения невозобновляемых источников и параметров ограждающих конструкций)
	2	Использование эффективного оборудования, технологий и устройств в системах холодного водоснабжения и водоотведения, включая канализацию (12 требований)
	3	Архитектурно-планировочные, конструктивные параметры, компактность строения, долговечность всего здания и его элементов, пассивные гелиосистемы (13 требований и рекомендаций)
	4	Организационные энергосберегающие мероприятия (2 рекомендации)

2	Рациональное природопользование и экологическая безопасность (55 баллов, 38 требований)	
	1	Выбор планировочной схемы земельного участка, размещение здания и охрана зеленых насаждений (7 требований)
	2	Ландшафтное благоустройство (8 требований)
	3	Охрана почв и вод при строительстве и эксплуатации объекта (5 требований)
	4	Охрана верхних слоев атмосферы при строительстве и эксплуатации объекта (9 требований)
	5	Безопасное обращение строительных отходов (5 требований)
	6	Количественные отчетные показатели обязательной экологической безопасности – числовая энергоиндексация (4 вектора энергоиндексации в физических единицах затрат первичного топлива и выбросов углекислого газа)
3	Санитарно-эпидемиологическая безопасность человека (69 баллов, 49 требований)	
	1	Обеспечение нормативных и комфортных санитарно-эпидемиологических условий для жизнедеятельности людей вне- и внутри зданий (26 требований)
	2	Охрана атмосферы в приземном слое при строительстве и эксплуатации объекта (8 требований)
	3	Требования по выбору безопасных конструктивных элементов, строительных, отделочных и иных материалов (6 требований)
	4	Требования по недопущению конденсата и протечек внутри помещений во избежание грибковых поражений ограждающих элементов здания (1 требование)
	5	Автоматическое и индивидуальное регулирование микроклимата (8 требований)
Дополнительная категория		
4	Чрезвычайные ситуации, инновации, сертификация, аудит (17 рекомендаций)	
	1	Рекомендации по выбору наилучших решений и технологий для чрезвычайных ситуаций и катастроф (7 рекомендаций)
	2	Инновационные технологии в энергосбережении и обеспечении экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности (6 рекомендаций)
	3	Углубленный энергетический, экологический и санитарно-эпидемиологический надзор (4 рекомендации)

Требования и рекомендации в категориях и регистрах формируются исходя из российских легитимных нормативных документов по водо-, тепло- и электроснабжению, по водоотведению, природоохранных документов, проектов застройки и землепользования, санитарных норм и правил, соответствующих государственных стандартов по инженерным системам и т.д., целевых региональных программ энергосбережения, Приказа Минрегионразвития №262, Приказа Минэнерго №182 в части энергопотребления. Эти главные требования в части экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности человека в большинстве имеют численное выражение и практически каждое из них можно определить по соответствующему методу на основе российских норм.

Требования 2-ой основной категории «Рациональное природопользование и экологическая безопасность», требования 3-ей основной категории «Санитарно-эпидемиологическая безопасность человека» так же, как требования и рекомендации 1-й категории «Энергетическая эффективность» имеют численные векторные оценки.

В пятнадцати регистрах основных трёх категорий рейтинговой системы включено 178 требований и рекомендаций. Для примера приведём только некоторые из них в таблице 3.

Таблица 3 - Некоторые примеры численных векторов и балльных рейтингов требований и рекомендаций по 1-й, 2-й и 3-й категориям

Категория	Требования или рекомендация	Численное значение в векторе	Балльный рейтинг
1	Показатель компактности здания	<1,1	1
		1,1-1,2	3
		>1,2	5
2	Для уменьшения выбросов CO ₂ в верхние слои атмосферы при транспортировке объём использования местных строительных материалов по отношению ко всему объёму используемых материалов на объекте составляет:	< 30%	1
		<50%	3
		<80%	7
		100%	15
2	При реконструкции здания сохраняются и используются элементы его стен, перекрытий и покрытия, в том числе - и на других объектах, в объёме не менее:	<20%	1
		<50%	5
		<75%	7
		100%	9

3	Объём внутренних пространств, обеспеченных нормативным уровнем естественной освещенности, по отношению к суммарному объёму здания составляет:	<50%	0
		<70%	3
		100%	6
3	При воздействии внешних источников шума и в результате принятых мероприятий в помещениях здания достигнуты максимальные и эквивалентные уровни звука ниже допустимых по категории А (СНиП 23-03-2003) в ночное и дневное время суток на:	3 дБА	2
		4-8дБА	4
		9 и более дБА	8
3	При технологических операциях и работе энергоустановок в период строительстве объекта за счет мероприятий обеспечивается (при необходимости) достижение концентраций пыли, оксидов азота, углерода, а также лёгких органических соединений в приземном слое атмосферы по каждому из веществ с учетом фона на уровне:	ВСВ (временно согласованный выброс)	0
		ПДК	3
		0,8ПДК	4
		0,6ПДК	6

По опыту проектирования большого числа объектов различного назначения становится понятно, что при всех равных прочих условиях (при наличии эффективных инженерных систем, экологических, санитарно-эпидемиологических, утилизационных и прочих признаков) зачастую варианты без расчетов энергетических балансов нельзя различить. Отличие может быть обнаружено только при количественной оценке в физических единицах энергии в сравнении не с прототипом - проектным вариантом одного и того же объекта, а в сравнении с предельными нормативными затратами энергоресурсов на отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию и вспомогательное оборудование зданий при движении по числовому вектору энергоиндексации.

В настоящее время в Российской Федерации в нормативном порядке энергоэффективность зданий оценивается по годовому расходу тепловой энергии на отопление (и вентиляцию). Пока только рассматриваются вопросы включения в нормативную оценку эффективности расходов энергии на обеспечение горячего водоснабжения, пищевого приготовления, электропотребление.

В соответствии с требованиями СНиП 23-02 для зданий предлагается 5 классов энергоэффективности. Класс С предусматривает энергопотребление зданий на нужды отопления (вентиляции) в соответствии с требованиями СНиП 23-02.

С 2011 года в соответствии с Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 28 мая 2010 года N 262 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» в задании на проектирование следует указывать класс энергетической эффективности В ("высокий") и процент снижения нормируемого удельного расхода энергии на цели отопления и вентиляции по отношению к базовому уровню (рисунок 2).

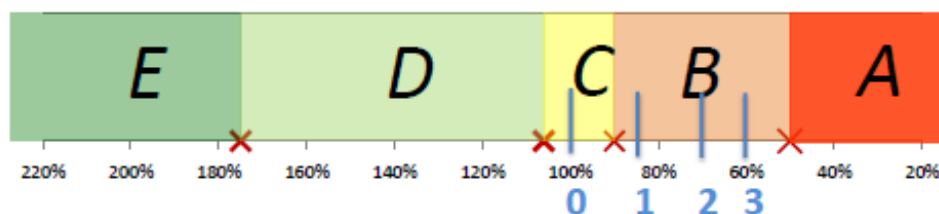


Рисунок 2 Уровень требований к энергопотреблению зданий на отопление и вентиляцию.

A, B, C, D и E – зоны классов энергоэффективности зданий в соответствии с положениями СНиП 23-02;

% - Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} от нормативного (базового уровня «0»).

1, 2, 3 – требования приказа № 262 к энергопотреблению зданий на отопление и вентиляцию по отношению к базовому уровню:

1 – уровень минимального потребления вновь возводимых зданий с 2011 г.;

2- тоже с 2016 г.;

3 – тоже с 2020 г.

Применяемый в нашей стране подход к оценке класса энергоэффективности зданий только по нагрузке отопления (вентиляции) оправдан для зданий старой застройки, где доля расхода энергии на нужды отопления (вентиляции) в общем балансе энергопотребления достигает 60-70%.

С введением норм СНиП 23-02 (продублированных региональными нормами, например, ТСН 23-340-2003 и др.), а тем более, Приказа Минрегионразвития РФ от 28 мая 2010 года N 262, доля отопительной нагрузки в общем балансе энергопотребления энергоэффективного здания резко сокращается (рисунок 3). Насущным при определении уровня энергоэффективности здания, стал вопрос учета расхода энергии на другие системы.



Рисунок 3 Структура энергопотребления в российских жилых зданиях

Учитывая многообразие категорий зданий и различие нормативных требований к их энергопотреблению внутри каждой категории, наиболее целесообразно систему оценки энергоэффективности строить на основе бальных эквивалентов, основанных на рейтинговой оценке вклада каждой инженерной системы в общее повышение энергоэффективности.

В основу рейтинговой оценки, прежде всего, закладывается подход:

– сопоставимость потребляемых различными инженерными системами энергоресурсов;

– тождественность количества баллов за одинаковый вклад в общее снижение потребления традиционного топлива (энергоресурса);

– зависимость экологических и санитарно-эпидемиологических критериев от потребляемых различными инженерными системами энергоресурсов в виде того или иного изменения выбросов загрязняющих веществ в верхние и приземные слои атмосферы. Это относится и к акустическим санитарно-эпидемиологическим критериям в связи с выбором инженерных, конструктивных систем, технологического оборудования, машин и механизмов определенных классов энергоэффективности и безопасности.

При разработке шкалы баллов, также может быть учтена значимость отдельных направлений энергосбережения (например, использование ВИЭ) (рисунок 4).

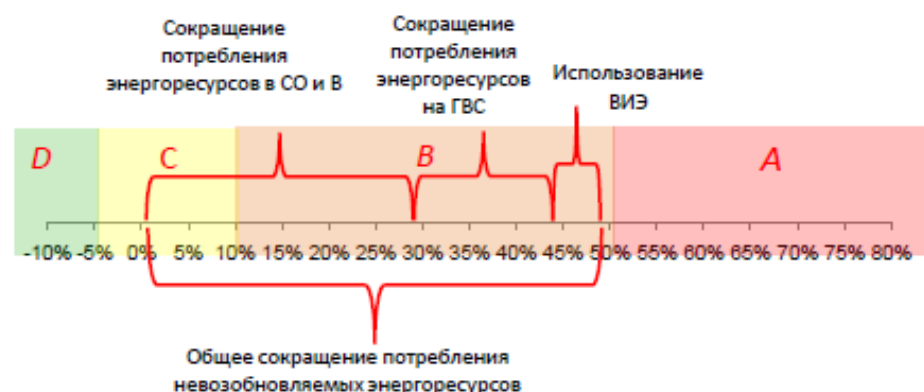


Рисунок 4

Например, предлагается следующее распределение баллов при оценке энергетической эффективности зданий жилых и детских дошкольных учреждений (таблицы 4 и 5).

Таблица 4 – Здания жилые 6 и 7-этажные

	класс С		класс В					класс А	
Сокращение показателя относительно базового значения	0	0÷9 %	10%	15%	20%	30%	40%	50%	60% и более
	базовое			1 этап с 2011		2 этап с 2016	3 этап с 2020		
количество баллов									
Отопление (вентиляция)	0	0	6	9	12	18	24	30	36
ГВС	0	0	6	9	12	18	24	30	36

Значение показателя									
Удельный расход энергоресурсов на отопление (вентиляцию), кДж/(м ² °C сут)	80		72	67,2	64	56	48	40	32
Удельный расход энергоресурсов на ГВС, МДж/(м ² год)	370		333	310,8	296	259	222	185	148

Таблица 5 – Детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей

	класс С		класс В					класс А	
Сокращение показателя относительно базового значения	0	0÷9 %	10%	15%	20%	30%	40%	50%	60% и более
	базовое			1 этап с 2011		2 этап с 2016	3 этап с 2020		
количество баллов									
Отопление (вентиляция)	0	0	8	12	16	24	32	40	48
ГВС	0	0	4	6	8	12	16	20	24
Значение показателя									
Удельный расход энергоресурсов на отопление (вентиляцию), кДж/(м ² °C сут)	124		111,6	105,4	99,2	86,8	74,4	62	49,6
Удельный расход энергоресурсов на ГВС, МДж/(м ² год)	200		180	170	160	140	120	100	80

Система рейтинговой оценки качества зданий (таблица 2) в основной - *энергетической категории* - в данной статье уточняется путем введения векторной энергоиндексации затрат конечных энергоносителей инженерными системами, зданием в целом и затрат первичной энергии.

Выраженные в баллах требования по экологическим, санитарно-эпидемиологическим и др. требованиям (категории 2, 3 и 4 табл. 2) могут быть сопоставлены в соответствие с требованиями по классам и этапам энергоэффективности (таблица 6).

Таблица 6 – Рейтинги энергетической эффективности, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности зданий

	Классы и этапы энергоэффективности по Приказу Минрегионразвития РФ N 262							
	класс С		класс В				класс А	
	базовое		1 этап с 2011	2 этап с 2016	3 этап с 2020			
Сокращение-энергопотребления показателя относительно базового значения	0	0÷9 %	10%	15%	20%	30%	40%	Более 50%
Суммарное количество баллов по категориям 1, 2, 3 и 4 (таблица 1)	≤30		31 ÷ 120				≤121	
			45	60	90			

В таком виде рейтинговая система с преимущественно количественным выражением требований не только энергетических, но экологических и санитарно-эпидемиологических характеристик естественным образом пригодна для легитимизации ее в качестве государственного нормативного документа под общим названием – «Энергетическая эффективность, экологическая и санитарно-эпидемиологическая безопасность зданий». Конечно, в подобный нормативный документ могут входить только те экологические и санитарно-эпидемиологические требования или рекомендации, которые прямо или косвенно имеют отношение к энергосбережению и энергетической эффективности зданий.

Литература

1. Бродяч М.М., Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. Москва. АВОК-Пресс, 2003.
2. Гуткин А. LEED – рейтинговая система для энергоэффективных и экологически чистых зданий. Журнал «АВОК» №6, 2008.
3. Корпоративный олимпийский «зеленый» стандарт. Требования по обеспечению экологической и энергетической эффективности, ресурсосбережения, устойчивого природопользования при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации олимпийских объектов. Москва. ГК ОЛИМП-СТРОЙ, 2010.
4. Распоряжение Минприроды России от 30 декабря 2009 г. №75-р «О добровольной экологической сертификации объектов недвижимости с учетом международного опыта применения «зеленых» стандартов».
5. СКР.09. Система концептуальных рекомендаций по повышению энергоэффективности и экологичности зданий жилого, общественного и административного назначения. Санкт-Петербург, 2009.
6. СКР.ЖЗ. Система концептуальных рекомендаций по повышению энергоэффективности и экологичности зданий жилого назначения квартальной застройки. Санкт-Петербург, 2009.
7. Стивен Маст. Энергетические и экологические характеристики зданий: исследование RENV*. Журнал «Энергосбережение» №5, 2009.
8. Табунщиков Ю.А., Гранев В.В., Наумов А.Л. Рейтинговая система оценки качества зданий. Журнал "АВОК" №6, 2010.
9. Табунщиков Ю.А. «Зеленые здания» – нужны ли архитектору и инженеру новые знания. Журнал «АВОК» №7, 2009.
10. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
11. Цай Нонна. LEED: петербургская версия. Журнал «Строительство и городское хозяйство» №119, август 2010.
12. Stephania Kambouris. «Зеленое» строительство: рейтинговые системы оценки. Журнал «АВОК» №7, 2010.
13. Klaus Ruckert, prof. dr.-eng., Berlin university of technology. Sustainable, energy efficient residential buildings in regard to European requirements and innovation technologies in the Baltic Sea Region. Доклад на международной конференции Longlife 2010.

В.Г. Гагарин, д.т.н., профессор, член-корр. РААСН
В.В. Козлов, к.т.н., НИИСФ РААСН

Корректировка нормирования теплозащиты ограждающих конструкций в СНиП «Тепловая защита зданий»

С 1 июля 2010 года вступил в силу основной строительный регламент №384-ФЗ «О безопасности зданий и сооружений». В нем представлены два списка документов для доказательной базы: утвержденный распоряжением Правительства РФ №1047 от 21.06.2010 г. перечень обязательных документов (национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований ТР) и список документов добровольного применения, утвержденный приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №2079 от 01.06.2010 г.

Согласно ст. 42 упомянутого Федерального закона строительные нормы и правила, включенные в виде сводов правил в список обязательных документов, должны быть до 1 июля 2012 года актуализированы. В их числе СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» – общеизвестный документ, в котором изложены основные теплофизические требования, предъявляемые ко всем строящимся и реконструируемым объектам.

В данной статье кратко описаны изменения, которые планируется внести в СНиП «Тепловая защита зданий» при подготовке его новой редакции. Следует отметить, что пока неизвестно, будут ли приняты эти изменения.

Прежде всего следует подчеркнуть, что основополагающими документами в области энергосбережения в настоящий момент являются:

- Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. №889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»;
- Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Согласно Указу Президента поставлена задача «снижения к 2020 году энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации не менее чем на 40 процентов по сравнению с 2007 годом». Обращаем внимание, что в Указе поставлена задача снижения

энергоемкости ВВП на 40%, а не экономии энергии на 40%. Это огромная разница. Достаточно сказать, что с 1991 года по 1999 год энергоемкость ВВП повысилась почти в 3 раза, и сейчас по этому показателю Россия значительно отстает от ряда других развитых стран. Снижение энергоемкости ВВП является насущной задачей, которая является вполне выполнимой. Однако иногда эту задачу трактуют как экономию энергии на 40 %, что является искажением Указа Президента РФ. Если Россия сэкономит 40% энергии, то будет потреблять энергии на душу населения в 2 раза меньше Финляндии, в 2,5 раза меньше, чем США и Норвегия, в 4 раза меньше, чем Канада, меньше, чем Венесуэла, Греция, Испания и т.д. (при нашем самом холодном в мире климате). Т.е. такая экономия потребления энергии нереальна и губительна для нашей экономики.

В Указе Президента РФ постановлено: «...принять меры по техническому регулированию, направленные на повышение энергетической и экологической эффективности таких отраслей экономики, как электроэнергетика, строительство, жилищно-коммунальное хозяйство...». А в ФЗ-261 понятие энергетической эффективности определено следующим образом: «...энергетическая эффективность – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта...». Об этом определении энергетической эффективности необходимо помнить при осуществлении всех энергосберегающих мероприятий.

В соответствии с требованием ТР «О безопасности зданий и сооружений», СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» подлежит актуализации. Несмотря на то, что обновленный СНиП должен в основном повторять редакцию 2003 года, мы все-таки хотим внести в него некоторые усовершенствования, позволяющие упростить процесс проектирования теплозащиты.

Исторически сложилось, что на ограждающие конструкции у нас был едва ли не единственный СНиП – «Строительная теплотехника», который позже стал, к сожалению, называться «Тепловая защита зданий». Это название не полностью отражает содержание СНиП, но сейчас исправить данную ошибку не представляется возможным. Тем не менее, СНиП содержит и другие требования, относящиеся к ограждающим конструкциям зданий.

Главный камень преткновения в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» – это 5-й раздел, который устанавливает три показателя тепловой защиты зданий:

- а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;
- б) санитарно-гигиенический показатель, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;
- в) удельный расход энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом их объемно-планировочных решений и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты жилых и общественных зданий будут выполнены при соблюдении требований показателей а) и в) либо б) и в). В зданиях производственного назначения необходимо соблюдать требования показателей а) и б).

Несколько слов о недостатках нормирования теплозащиты в действующем СНиП. И в СНиП, и в СП отсутствуют четкие определения и методы расчета показателей теплозащиты, в первую очередь приведенного сопротивления теплопередаче и коэффициента теплотехнической однородности ограждающей конструкции. В результате подавляющее большинство строителей вообще не понимают, что это такое, и не представляют, каким образом перечисленные показатели можно рассчитать. Второй недостаток – нормативные требования зависят от назначения объекта. Но если мы экономим энергию, то какая разница, где она расходуется – в производственном, административном или жилом здании. Мы все равно ее теряем. Поэтому требования должны быть каким-то образом унифицированы. Это же не санитарно-гигиенические требования, а требования к экономии энергии.

Следующее замечание – дублирование нормативных требований по теплозащите. Например, в Москве к приведенному сопротивлению теплопередаче стен жилых домов предъявляются требования: санитарно-гигиенические ($1,38 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$); основные ($3,13 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$); пониженные ($1,97 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) и косвенные требования к оболочке здания в целом, содержащиеся в нормативном удельном расходе энергии на отопление здания. Фактически работают пониженное требование ($1,97 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) и требование к удельному расходу энергии на отопление. Все это излишне загромождает расчет и мешает правильно спроектировать конструкцию. Реально должно действовать одно требование, а требование к расходам на отопление – это уже больше отопительная проблема, нежели теплозащитная. В случае ужесточения нормативных требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих

конструкций будет работать поэлементный подход к нормированию. То есть мы возвратимся к тем подходам в нормировании теплозащиты, несостоятельность которых уже была доказана практикой. Зачем же нормировать показатели сопротивления теплопередаче, если они даже четко не определены в СНиП? Практически важно знать, какое количество энергии теряется, ведь за нее придется платить. Вот потери энергии и надо нормировать.

Еще одна противоречивая деталь, которая содержится в СП «Проектирование тепловой защиты зданий». Это таблица 6 «Минимально допустимые значения коэффициента теплотехнической однородности для конструкций промышленного изготовления», которая, на наш взгляд, по ошибке попала в нормативные документы и трактуется совершенно неправильно. Вместо того чтобы рассчитывать коэффициент теплотехнической однородности и сравнивать его с приведенными в таблице минимально допустимыми значениями (он не должен их превышать), эти цифры принимают за исходную величину и используют их в расчетах. Это неправильно. Таблицу следует исключить, чтобы она не вводила проектировщиков в заблуждение.

Следует обратить внимание, что теплопотери через квадратный метр конструкции в зависимости от сопротивления теплопередаче изменяются по гиперболе. Поэтому изменение сопротивления теплопередаче, например, от $3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ до $3,5 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ почти ничего не даст в плане экономии энергии (рис. 1).



Рис. 1. Зависимость теплопотерь через 1 м^2 ограждающей конструкции от приведенного сопротивления теплопередаче в условиях Москвы

Вернемся к недостаткам. СНиП почти не учитывает планировочные решения зданий. Получается, что как бы мы ни усложняли конфигурацию объекта в плане, на величине теплопотерь это не отразится. СНиП должен этот момент обязательно регулировать. Запутанность и сложность нормативных требований, отсутствие методической поддержки вызывают у проектировщиков и строителей непонимание взаимосвязи между отдельными изменениями конструкций и тепловыми потерями здания в целом. Таким образом, выполнение нормативных требований при проектировании теплозащиты стало, в общем-то, формальностью.

Работая над новой редакцией СНиПа, мы руководствуемся следующими принципами.

1. Максимально сохранить форму действующего документа, последовательность и состав разделов, потому что резкие изменения нормативных документов могут пойти только во вред.
2. Максимально упростить используемые методики.
3. Произвести обновление устаревших методик и требований (в первую очередь, по тепловой защите и влажностному режиму). Сделать их применимыми к современным конструкциям.
4. Произвести гармонизацию требований между собой. СНиП не должен содержать противоречий или нестыковок внутри себя.
5. Ввести точные и однозначные определения используемых в СНиП понятий.

Если говорить по содержанию, то из 12 разделов действующего СНиП 23-02-2003 планируется переработать 5 разделов: «Термины и определения», «Тепловая защита зданий», «Повышение энергетической эффективности существующих зданий», «Защита от переувлажнения ограждающих конструкций» и «Энергетический паспорт здания». Переработкой раздела «Повышение энергетической эффективности существующих зданий» будут заниматься специалисты отдела энергоэффективности в строительстве Мосгосэкспертизы.

Несколько слов о тех изменениях, которые планируется внести в раздел «Тепловая защита зданий». Мы предлагаем ввести в него 4 требования к теплозащите:

- 1) приведенные сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должны быть не меньше минимально допустимых значений (позлементные требования);
- 2) удельный коэффициент теплопередачи теплозащитной оболочки здания не должен быть больше максимально допустимых значений (комплексное требование);

- 3) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование);
- 4) срок окупаемости мероприятий по дальнейшему возможному повышению теплозащиты ограждающих конструкций должен попадать в принятый интервал значений (экономическое требование).

Первое требование –azoleментное, основное же требование – комплексное. То есть в целом теплозащитная оболочка здания должна обеспечивать заданный уровень тепловых потерь. Такова идея. Позлементное требование является вспомогательным. В принципе его надо было бы назначить как санитарно-гигиеническое. Но мы не можем этого сделать, поскольку должны привязаться к предыдущему СНиПу, чтобы не допустить большого разрыва в требованиях. Поскольку требования к удельному расходу тепловой энергии на отопление зданий становятся обязательными, а не альтернативными, как в старом СНиП, тоazoleментные требования должны сохраняться на уровне п.5.13 СНиП 2003 года. Например, для Москвы они должны составлять примерно $1,97 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Позлементные требования приведены в таблице №1. Ее можно обсудить, но ужесточать не имеет никакого смысла, поскольку она не рабочая и дает только некий предел, ниже которого нельзя будет опускаться. Основным мы планируем сделать комплексное требование.

Таким образом,azoleментные требования остаются, но становятся вспомогательными. Они обеспечивают защиту от всевозможных перекосов в выборе величины утепления отдельных конструкций и позволяют исключить использование совсем уж абсурдных конструктивных решений. Одновременные изменения и методики оценки конструкций, и величины требований, в общем-то, опасны. Поэтому предлагается при модернизации методики сохранить действующиеazoleментные требования до накопления опыта использования нового показателя. Экономия энергии будет обеспечена нормализацией архитектурно-планировочных решений и повышением уровня понимания требований со стороны проектировщиков и архитекторов.

Если мы запишем принятую формулу для расчета суммарных теплопотерь через все ограждающие конструкции здания, то увидим, что эти теплопотери за год пропорциональны некой величине, которая в сокращенном виде выглядит как произведение коэффициента компактности на общий коэффициент теплопередачи всех наружных ограждающих конструкций оболочки здания. Эту величину мы предлагаем называть «удельный коэффициент теплопередачи оболочки здания» и именно его нормировать.

Гагарин В.Г., Козлов В.В. Корректировка нормирования теплозащиты ограждающих конструкций в СНиП «Тепловая защита зданий»

Требуемые значения для удельного коэффициента теплопередачи оболочки здания приведены в таблице 2. Они рассчитаны для зданий разных объемов, при разных значениях градусо-суток отопительного периода, на зданиях простой формы при минимально допустимых значениях сопротивления теплопередаче всех элементов. Усложнение формы сразу же повлечет за собой увеличение удельного коэффициента теплопередачи оболочки здания, а стало быть, возникнет необходимость утепления тех или иных конструкций, чтобы понизить значение этого коэффициента. Этот принцип нормирования здесь заложен. Такой подход нормирования с примером описан в [1].

В качестве приложения к СНиПу будет предложен метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, поскольку это основная величина, которая нормируется, и ее расчет должен быть абсолютно прозрачен. Если рассмотреть этот расчет, то, в общем-то, мы планируем дать метод, который сейчас в СП отсутствует. Точнее, там присутствует формально «правильный» метод, но использовать его для расчетов нельзя, поскольку для современных ограждающих конструкций нельзя выполнить разбиение на зоны, нельзя рассчитать температурные поля, которые включают по несколько теплопроводных включений. Одни из этих полей трехмерные, а другие двумерные.

Отметим также, что экспериментальное определение приведенного сопротивления теплопередаче является вспомогательным. Основной метод его определения – расчет. Это объясняется следующим. Приведенное сопротивление теплопередаче необходимо знать только для расчета теплопотерь через всю теплозащитную оболочку здания. В этом расчете учитывается вся площадь всех наружных ограждений здания, и приведенное сопротивление теплопередаче должно быть известным для всех наружных ограждений. Например, при расчете теплопотерь через наружную стену учитывается площадь наружной стены от цоколя до парапета и по периметру здания, следовательно, и приведенное сопротивление такой стены должно соответствовать данной площади. А испытание в камере можно выполнить лишь для небольшого фрагмента ограждающей конструкции, дальнейшее распространение полученных результатов на все здание может быть сделано практически только для панельных зданий (да и то с натяжками). Для всех остальных зданий приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций от цоколя до парапета и по всему периметру здания (с учетом перекрытий, балконных плит, ограждений лоджий, оконных откосов и т.д.) возможно определить только расчетом.

В связи с изложенным следует также отметить бесперспективность проверки количественных показателей теплозащиты всех ограждений

Гагарин В.Г., Козлов В.В. Корректировка нормирования теплозащиты ограждающих конструкций в СНиП «Тепловая защита зданий»

зданий в натуральных условиях, в том числе с использованием тепловизионной техники. Проверка теплозащиты здания может быть осуществлена лишь для весьма ограниченной части конструкций, и даже такая проверка требует квалифицированных исследований в течение нескольких недель. Никакие курсы обучения работы «экспертов» с тепловизором и другие столь же распространенные мероприятия не исправят данного положения. Но этот вопрос выходит за рамки описания актуализации СНиП.

Четвертое предлагаемое требование – экономическое. Предполагается, что оно будет иметь добровольное применение. В нем предлагается оценка условного вклада от дальнейшего утепления ограждающей конструкции в снижение энергоемкости ВВП (в соответствии с Указом Президента РФ). Причем эта оценка будет не абсолютной, а сопоставительной, т.е. она позволит выбрать вариант конструктивного решения, обеспечивающий максимальное снижение энергоемкости ВВП. Кроме того, введенный для этой оценки критерий оказывается очень эффективным при оптимизации конструкции в процессе ее создания.

Таким образом, мы планируем скорректировать содержание СНиП, снабдив его указанием путей повышения энергоэффективности теплозащитной оболочки зданий и совершенствованием методов расчетов. Эти мероприятия не потребуют значительных материальных вложений, следовательно, не приведут к увеличению стоимости строительства, однако они обеспечат реальную экономию энергии на отопление. Повышение теплозащиты стен здания планируется не за счет увеличения толщины утеплителя, а за счет повышения теплотехнической однородности ограждающих конструкций и совершенствования планировочных решений здания. Все это соответствует духу и букве Закона №261-ФЗ.

Таблица 1. Минимально допустимые значения приведенного сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций

Стены	$R_{ст}^{lp} = 0,85 + 0,00021 \cdot ГСОП$
Совмещенные кровельные покрытия, чердачные перекрытия, перекрытия над проездами, неотапливаемыми подвалами и полы по грунту	$R_{кр}^{mp} = 1,55 + 0,00035 \cdot ГСОП$
Окон и светопрозрачная часть балконных дверей	$R_{ок}^{mp} = 0,3 + 0,00005 \cdot ГСОП$

Модульное, структурное и иное фасадное остекление (в целом как светопрозрачной, так и утепленной нестеклящей части)	$R_{фас}^{тр} = 0,5 + 0,00007 \cdot ГСОП$
Фонари с вертикальным остеклением	$R_{фон}^{тр} = 0,25 + 0,000025 \cdot ГСОП$
Двери и ворота	$R_{дв}^{тр} = 0,5 + 0,00005 \cdot ГСОП$

Таблица 2. Максимально допустимые значения удельного коэффициента теплопередачи теплозащитной оболочки здания

Отопляемый объем здания, $V_{от}, м^3$	Значения $k_{об}^{тр}, Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$, при значениях ГСОП, $^\circ C \cdot сут/год$				
	1000	3000	6000	9000	12000
300	0,995	0,736	0,53	0,414	0,339
750	0,733	0,543	0,39	0,305	0,25
1920	0,536	0,397	0,285	0,223	0,183
4800	0,403	0,298	0,215	0,168	0,138
12000	0,315	0,233	0,168	0,131	0,107
30000	0,269	0,191	0,138	0,108	0,088
75000	0,269	0,165	0,119	0,093	0,078
185000	0,269	0,155	0,11	0,09	0,078

Список источников:

1. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О нормировании теплопотерь через оболочку здания. // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 279–286.

Оценка теплотехнических качеств зданий монолитной конструкции Санкт-Петербурга

А.В. Кузнецов, инженер ГОУ Петербургский государственный университет путей сообщения

За последнее столетие среднегодовая температура по земному шару повысилась на $0,6^\circ C$ [1]. За это время изменились и климатические параметры (характеристики) в Санкт-Петербурге. Начиная с 1980-х гг. наблюдается интенсивное (активное) повышение среднегодовой глобальной температуры воздуха. Это привело к тому, что продолжительность зимнего периода за указанный промежуток времени сократилась на 13 дней по сравнению с первой половиной XX в., главным образом за счёт более раннего наступления весны. Конец зимы сместился в сторону более холодной части года, начало зимнего периода осталось неизменным. Зимы в районе Санкт-Петербурга стали холоднее [2].

В связи с этим ставится вопрос об энергоэффективности жилого фонда, возведённого в Санкт-Петербурге начиная с конца 1990-х гг. с применением монолитно-каркасной технологии. В домах такого типа, как правило, конструктивная система является перекрёстно-стеновой. Многовариантность конструктивных решений ограждающих конструкций в таких зданиях [3] и комплекс проводимых исследований говорят о том, что не всегда выдерживается требуемый уровень температурно-влажностного режима, который оказывает существенное влияние на создание комфортных условий проживания. В Санкт-Петербурге получили широкое распространение жилые дома, выполненные в кирпично-монолитном варианте. Современная технология возведения таких зданий позволяет существенно улучшить объёмно-планировочные решения [3, 6], использовать новые технологии строительного производства, повысить качество выполняемых работ. Однако при использовании принятых конструктивных решений ограждающих конструкций таких зданий не всегда удаётся обеспечить необходимый температурно-влажностный режим, который оказывает существенное влияние на создание комфортных условий для проживания. В ряде домов отмечены жалобы жильцов на низкий температурный режим в жилых комнатах во время холодного периода года, что вынуждает использовать дополнительный электрообогрев помещений.

В связи с этим возникает вопрос о необходимости проведения исследований, направленных на улучшение температурно-влажностного режима в зданиях такого типа.

Исследования включали в себя два этапа. На первом этапе выполнялось натурное обследование некоторых типов ограждающих конструкций в монолитно-кирпичных жилых зданиях. На втором этапе проводился расчётно-теоретический анализ рассматриваемых типов ограждающих конструкций.

Приведённая на рис. 1, 2 ограждающая конструкция представляет собой железобетонную монолитную плиту перекрытия толщиной 200 мм. На расстоянии 200 мм от наружного торца плиты в её толще имеется перфорация, куда укладываются экструдированные пенополистирольные термовкладыши размерами 150х300х200 мм. Наружные стены представлены многослойной ограждающей конструкцией, состоящей из кирпичной кладки толщиной 120 мм, теплоизоляционного слоя – пенобетон 300 мм – и внутреннего штукатурного слоя толщиной 20 мм.

Натурные исследования включали следующий объём работ:

- оценку микроклимата помещений (определение температуры воздуха в рабочей зоне на уровне 1,5 м от поверхности пола и относительной влажности);
- исследование фактических сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций – стен главных фасадов;
- определение температур на поверхности плиты перекрытия.

Кроме указанных работ производилась оценка суточного изменения температур наружного и внутреннего воздуха.

При выполнении работ была использована система измерительной аппаратуры, в качестве которой использовались:

- психрометр (для настройки самописцев, измерений температур и влажности воздуха);
- ртутные термометры с ценой деления 0,2°C и 0,1°C;
- электронный измеритель плотности тепловых потоков ИТП-МГ 4.03 «ПОТОК»;
- термошуп (для измерения температур на поверхности ограждающих конструкций);
- шлямбур (приспособление для отбора проб материала на влажность из конструкции стены).

Для проведения натурных исследований был разработан проволоочный термометр сопротивления (термошуп), с помощью которого осуществлялось определение температурного поля на поверхности плиты перекрытия.



Рис. 1. Фрагмент несущей ограждающей конструкции здания

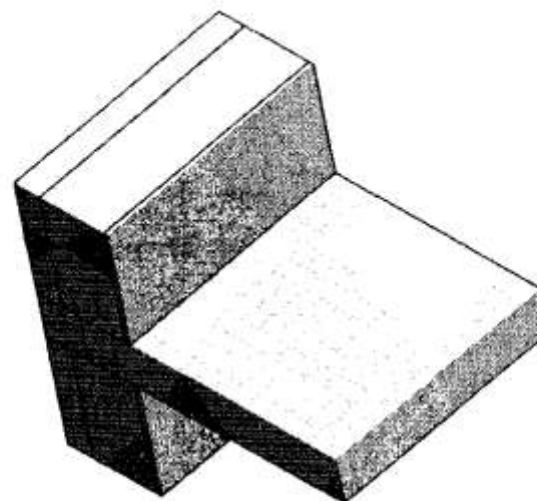


Рис. 2. Схема расположения расчётных точек на поверхности плиты перекрытия

Исследование проводилось следующим образом: верхняя (пол) и нижняя (потолок) грани плиты перекрытия были разделены на ряд вертикальных и горизонтальных линий, шаг сетки был принят размерами 100х100 мм (см. рис. 2). В точках пересечения этих линий термошупом производились замеры температур. После обработки цифровых показаний прибора, полученных в ходе натурного обследования, определялось температурное поле плиты перекрытия. Числовые

значения измеренных величин сведены в таблицы 1, 2. Построенные по результатам эксперимента графики представлены на рис. 3, 4.

Исследования проводились в утренний период времени при следующих параметрах внешней и внутренней среды:

$t_{ext} = -18^{\circ}\text{C}$, $t_{int}^{ср} = 18.2^{\circ}\text{C}$, $\phi_{int} = 19.7\%$. При этом обогрев жилых помещений осуществлялся центральной системой отопления. Суточные температурные колебания находились в пределах от -14.6°C до -19.6°C .

На поверхности плиты перекрытия, где она является потолком, разброс температур в первом ряду составил: минимальное значение 10.75°C , максимальное 11.5°C , температурный перепад Δt при этом был равен 9.25°C и 8.5°C соответственно.

В последующих рядах тенденция к увеличению роста температуры сохраняется. Приращение температуры для каждого ряда в среднем колебалась и составляла от 1.3°C до 0.15°C .

По глубине исследуемого участка монолитной железобетонной плиты перекрытия зона пониженных температур не менялась, так и не достигнув своего максимума до нормируемых значений [4, 5].

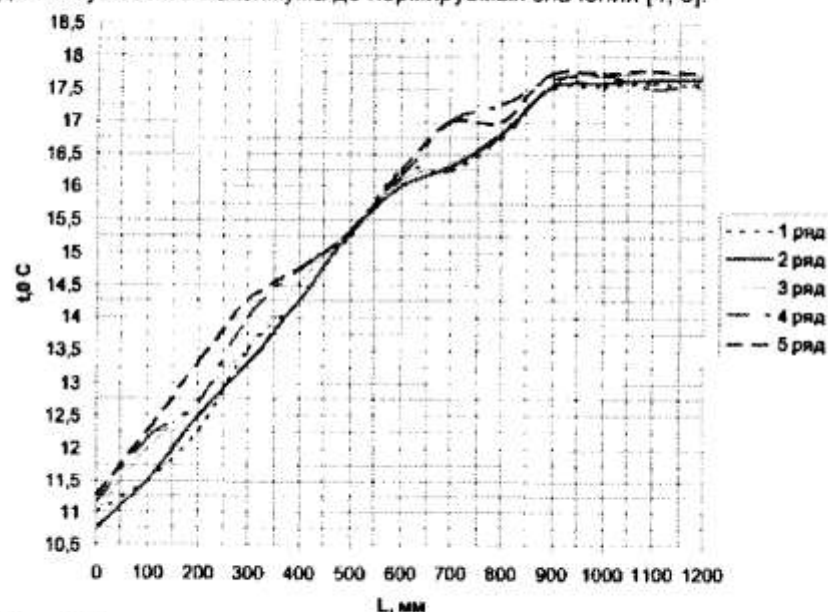


Рис. 3. Распределение температуры на поверхности плиты перекрытия – потолок

Таблица 1

№ ряда	Длина исследуемого участка плиты перекрытия (потолок), мм												
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Температура в узловых точках, °C													
1	11,5	11,25	12,5	13,5	14,25	15,25	16,25	16,75	16,75	17,5	17,55	17,6	17,55
2	10,75	11,5	12,5	13,3	14,25	15,3	16,0	16,3	16,8	17,55	17,60	17,65	17,65
3	11,0	12,0	12,75	13,55	14,55	15,35	16,1	16,35	16,85	17,6	17,7	17,75	17,7
4	11,15	12,15	12,7	14,14	15,75	16,3	16,15	17,0	17,25	17,65	17,7	17,5	17,6
5	11,25	12,25	13,3	14,25	14,75	15,3	16,25	17,17	17,17	17,75	17,75	17,8	17,75

На поверхности плиты перекрытия, где она является полом, разброс температур в первом ряду составил: минимальное значение 9.75°C , максимальное 10.75°C , температурный перепад Δt при этом был равен 10.25°C и 9.25°C соответственно.

Во втором ряду минимальное и максимальное значения температур были равны 9.25°C и 10°C . Температурный перепад Δt при этом составил 10.25°C и 10°C .

В последующих рядах тенденция к увеличению роста температуры незначительна. Приращение температуры для каждого ряда в среднем колебалась и составляла от 0.2°C до 0.35°C .

Таблица 2

№ ряда	Длина исследуемого участка плиты перекрытия (потолок), мм												
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Температура в узловых точках, °C													
1	10,75	9,25	10,5	11,5	11,1	11,1	11,25	11,5	11,75	12,25	12,25	14,13	13,9
2	9,25	9,5	10,75	11,25	11,1	11,1	11,25	11,5	11,75	12,1	12,2	13,9	13,9
3	9,0	9,75	11,1	11,1	11,1	11,1	11,25	11,5	11,8	12,9	12,2	13,5	13,6
4	9,75	10,1	11,1	11,5	11,1	11,25	11,6	12,5	12,8	11,1	12,1	12,8	12,9
5	9,75	10,1	11,1	11,5	11,1	11,25	11,6	11,5	12,12	11,1	12,1	12,8	12,85

По глубине исследуемого участка монолитной железобетонной плиты перекрытия (пол) зона пониженных температур сохранялась, так и не достигнув нормируемых значений, и составила 13.9°C .

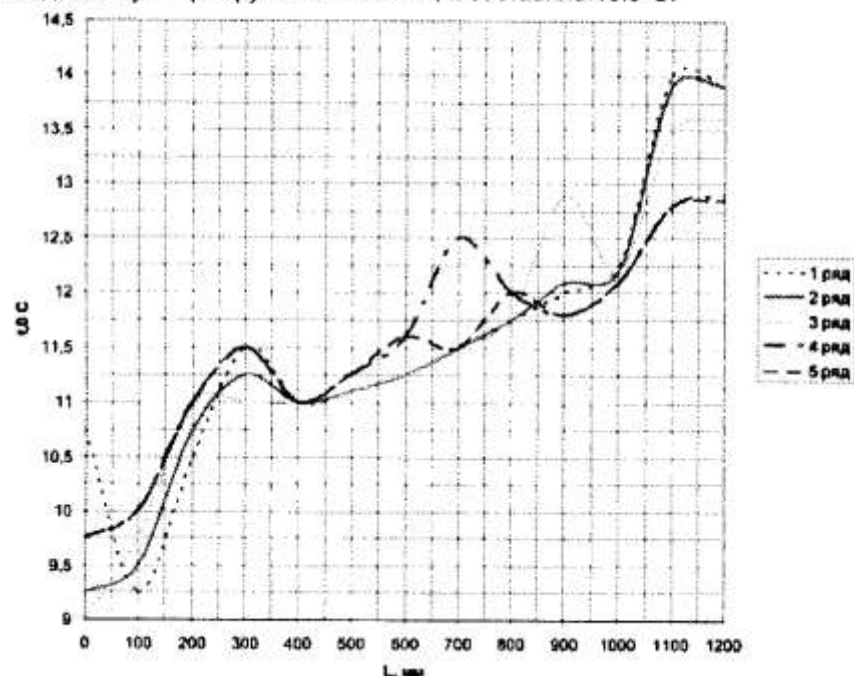


Рис. 4. Распределение температур по длине плиты перекрытия – пол

Далее были проведены расчётно-теоретические исследования, целью которых являлось сопоставление результатов расчёта с данными эксперимента, полученных в ходе натурных испытаний. Исследования проводились с помощью программного комплекса COSMOS.

Температура внутреннего и наружного слоя ограждающей конструкции стены была рассчитана дополнительно, значения ее составили $t_{int} = 16.64^{\circ}\text{C}$, $t_{ext} = -17.4^{\circ}\text{C}$.

Расчётная схема исследуемого узла представлена на рис. 5.

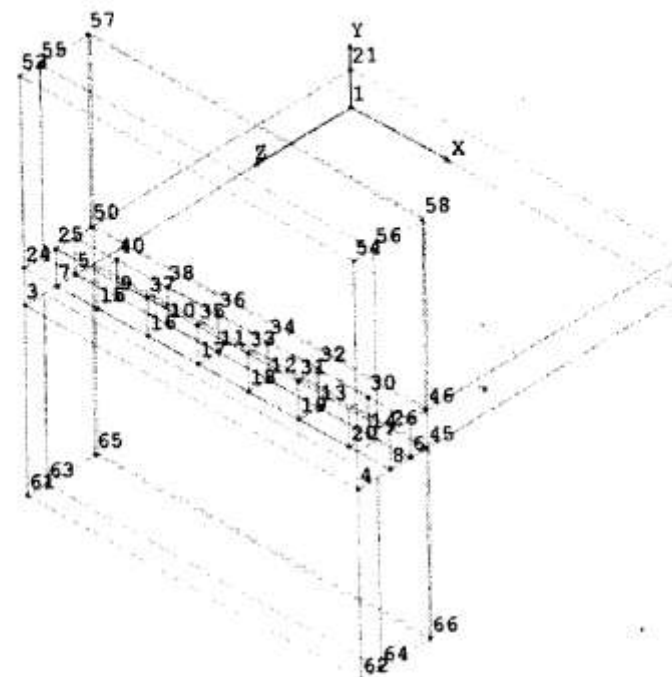


Рис. 5. Расчётная схема исследуемой конструкции

При выполнении расчётно-теоретических исследований варьировались параметры:

- α – коэффициент теплообмена у наружной и внутренней поверхности; $\alpha = 4.5-8.7 \text{ Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$;
- λ – коэффициент теплопроводности, для утеплителя эти значения изменялись от 0,038 до 0,043 $\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$;
- δ – толщина монолитной железобетонной плиты перекрытия, задавалась равной 160, 180, 200 мм.

Кроме того, варьировалась наружная и внутренняя температуры воздуха. Некоторые результаты расчётов приведены на рис. 6, 7.

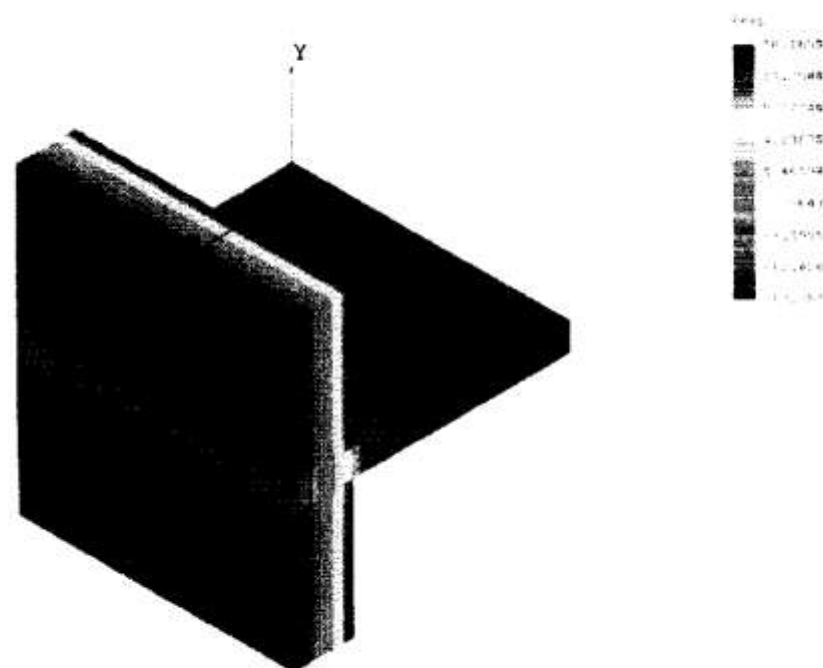


Рис. 6. Результаты расчёта при температуре, равной

$$t_{ext} = -18^{\circ} \text{C}, t_{int}^{pred.} = 18.2^{\circ} \text{C}, \varphi_{int} = 19.7\%$$

Анализ проводимых исследований показывает, что зона пониженных температур, на поверхности плиты перекрытия имеет те же температурные колебания, что и в эксперименте. Между тем, процесс их распределения в расчётной модели, отличается по длине и не превышает 500 мм. Причина этого заключается в ряде допущений принятых для данного случая, в частности не возможности учесть все факторы, влияющие на теплообмен в помещениях.

Как свидетельствуют результаты выполненных исследований, применение рассматриваемых типов ограждающих конструкций с использованием современных материалов не позволяет в полной мере обеспечить комфортные условия проживания. Рекомендуется повысить теплотехнические свойства ограждающих конструкций в узловых соединениях путём устройства дополнительной теплозащиты.

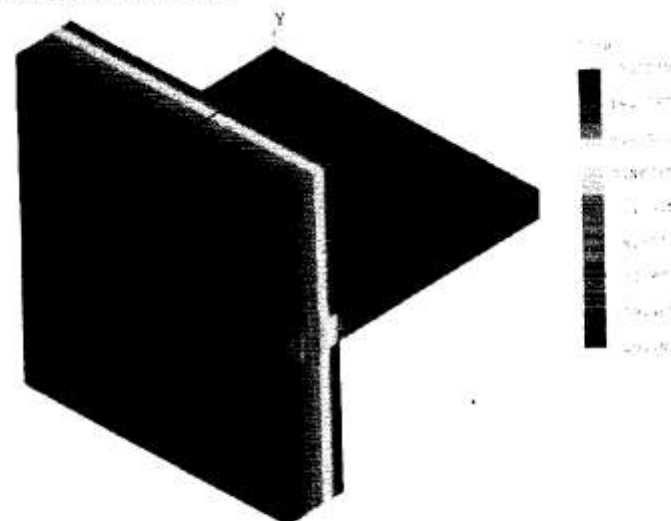


Рис. 7. Результаты расчёта при температуре равной

$$t_{ext} = -26^{\circ} \text{C}, t_{int}^{pred.} = 20^{\circ} \text{C}, \varphi_{int} = 55\%$$

Список источников:

1. Гройсман П.Я., Кокнаева В.В. О влиянии урбанизации на оценки глобального потепления. // Метеорология и гидрология, 1991. - Вып. 9. - С.129.
2. Карлин Л.Н., Ефимова Ю.В., Никифоров А.В. Некоторые климатические характеристики Санкт-Петербурга в эпоху глобального потепления. // Ученые записки №1: Научно-теоретический журнал. СПб.: РГГМУ, 2005.
3. Мордич А.И., Белевич В.Н. Современные многоэтажные здания на основе сборно-монолитных каркасов – залог эффективности предприятий стройиндустрии. – Межд. конференция и выставка по производству бетона и сборных бетонных конструкций. ICCX St. Petersburg 2005. – с. 127-130.
4. СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника»
5. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий»
6. РМД 52-01-2006. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Санкт-Петербурге. Региональный методический документ. – Электрон. версия печатной публ. – Электрон. дан. и progr. – М.: Гарант, [2005]. – жесткий диск. Сист. требования: Pentium 100 МГц; Microsoft Windows XP (русифицир.); 1 Gb; CD-ROM; Microsoft Word 2000; Microsoft Internet Explorer 6.0+

Характерные циклы эксплуатационных воздействий при теплотехнических испытаниях стеновых конструкций

При проведении лабораторных и натурных испытаний по оценке эксплуатационного срока службы двухслойной стеновой конструкции [1] климатические воздействия на испытываемые фрагменты моделировались в климатической камере, соответствующей требованиям к методам определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [2]. Выбранная группа методов испытаний распространяется на ограждающие конструкции жилых, общественных и производственных зданий: наружные стены, покрытия, чердачные перекрытия, перекрытия над проездами, холодными подпольями и подвалами, ворота и двери в наружных стенах, другие ограждающие конструкции, разделяющие помещения с различными температурно-влажностными условиями, и устанавливает методы определения сопротивления их теплопередаче в лабораторных и натурных (эксплуатационных) зимних условиях.

В соответствии с основным регламентирующим документом, требования к климатической камере для испытаний ограждающих конструкций в лабораторных условиях следующие.

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции определяют при испытаниях в лабораторных условиях в климатических камерах, в которых по обе стороны испытываемого фрагмента создают температурно-влажностный режим, близкий к расчетным зимним условиям эксплуатации, или в натурных условиях эксплуатации зданий и сооружений в зимний период.

Для определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в лабораторных условиях применяют теплоизолированную климатическую камеру, состоящую из теплого и холодного отсеков, разделенных испытываемой конструкцией.

Допускается использовать климатическую камеру, состоящую из холодного отсека, в проем которого монтируют испытываемый фрагмент, и приставного теплого отсека, а также другое оборудование, при условии обеспечения им в холодном и теплом отсеках камеры стационарного режима, соответствующего расчетным зимним условиям эксплуатации ограждающей конструкции.

Для проверки работы оборудования климатической камеры, измерительной аппаратуры и условий теплообмена в теплом и холодном отсеках камеры используют контрольный фрагмент с известным

термическим сопротивлением в пределах 1-2 ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$)/Вт, габаритные размеры которого должны соответствовать размерам и конфигурации проема, в который устанавливают испытываемую конструкцию. Конструктивное решение и материал контрольного фрагмента должны обеспечивать неизменность во времени его теплотехнических свойств. Климатическую камеру проверяют не реже одного раза в год.

При проведении испытаний в лабораторных условиях температуру и относительную влажность воздуха в отсеках климатической камеры поддерживают автоматически с точностью $\pm 1^\circ\text{С}$ и $\pm 5\%$. Теплое и холодное отделения климатической камеры разделяются перегородкой с проемом, в которую устанавливают испытываемый образец.

Величина рабочего проема со стороны холодного отсека климатической камеры составила 1500мм x 2000мм.

Фрагмент кладки при испытаниях располагался вертикально, симметрично рабочему проему холодного отсека.

Направление теплового потока при выполнении испытаний – горизонтальное.

Схема размещения первичных преобразователей температур и тепловых потоков была составлена на основе проектного решения конструкции. Термопары и тепломеры устанавливались так, чтобы они охватывали зоны поверхности блоков, а также вертикальных и горизонтальных растворных швов.



Рис. 1. Общий вид «розетки» термопреобразователей

Термодатчики размещались на поверхности ограждающей конструкции.

В связи с наличием в ограждающей конструкции неоднородных участков (стыки, примыкания) и соответствующей им неравномерности температуры поверхности, определялось приведенное сопротивление теплопередаче.

Термодатчики располагались в центре термически однородных зон и дополнительно в местах с теплопроводными включениями и в стыках.

Для контроля возможной неоднородности структуры газобетона, преобразователи тепловых потоков (тепломеры) устанавливались и так называемыми «розетками», то есть по несколько штук в выбранной термической зоне (рис. 1). Использовались тепломеры следующих размеров: $q_1 = \Phi 27 \text{ мм}$, $q_2 = 20 \times 80 \text{ мм}$, $q_3 = 40 \times 80 \text{ мм}$.

Климатические воздействия моделировались в лабораторных условиях путем проведения следующих видов циклических испытаний:

- попеременное охлаждение-нагревание, моделирующее влияние на строительные конструкции суточных и сезонных колебаний температуры воздуха в кратковременные периоды времен года – заморозков в осенний период и оттепелей в весенне-зимний период;
- глубокое замораживание-оттаивание, моделирующее влияние на строительные конструкции самых низких отрицательных температур окружающего воздуха, характерных для выбранного региона строительства (в данном случае – для климатических условий Северо-Запада).

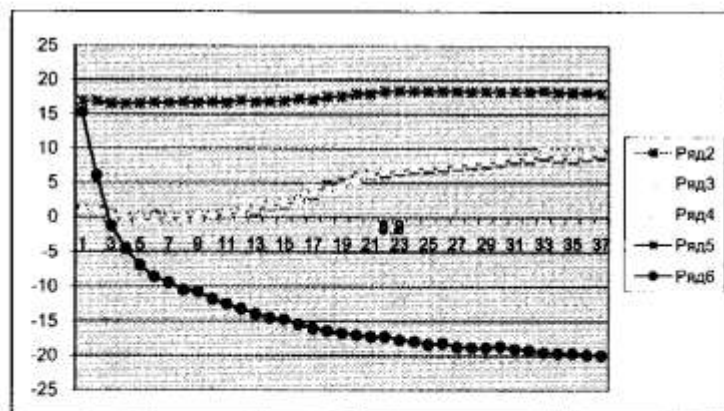


Рис. 2. Распределение температур и плотностей тепловых потоков в процессе испытания до выхода на стационарный режим (интервал измерений 1 час 30 минут)

На рис. 2 приведены результаты обработки измерений температур и плотности тепловых потоков, а также значения сопротивления теплопередаче для некоторых характерных циклов термически криогенных воздействий (таблицы 1, 2).

Таблица 1. Результаты измерений до выхода на стационарный режим

№ измерения	Плотность теплового потока q_1 , Вт/м ²	Плотность теплового потока q_2 , Вт/м ²	Плотность теплового потока q_3 , Вт/м ²	Температура воздуха в теплом отсеке $t_{\text{те}}$, °C	Температура воздуха в холодном отсеке $t_{\text{х}}$, °C
1	1,2	1,3	1,4	16,9	15,3
2	1,1	1,1	1,2	16,9	6,1
3	0,3	0,3	0,4	16,6	-1,2
4	0	0,1	0,2	16,5	-4,5
5	0	0	0,1	16,6	-6,9
6	0,1	0	0,1	16,7	-8,6
7	0	0,1	0,2	16,7	-9,4
8	0,1	0,2	0,3	16,8	-10,5
9	0,3	0,4	0,5	16,7	-10,7
10	0,4	0,5	0,6	16,8	-11,8
11	0,5	0,7	0,8	16,7	-12,5
12	0,7	0,9	1,1	17	-13,2
13	1,1	1,3	1,4	16,8	-13,9
14	1,7	1,9	2,1	16,9	-14,5
15	2,0	2,2	2,4	16,9	-14,7
16	2,4	2,5	2,5	17,3	-15,4
17	3,3	3,7	3,5	17,4	-16,0
18	4,5	4,0	4,1	17,5	-16,4
19	4,9	4,5	4,8	17,6	-16,7
20	5,8	5,6	5,9	18,0	-17,0
21	6,3	6,5	6,6	18,0	-17,2
22	6,5	6,8	7,1	18,2	-17,2
23	6,8	7,1	7,5	18,3	-17,7
24	7,0	7,4	7,7	18,4	-17,9
25	7,1	7,5	7,9	18,4	-18,3
26	7,3	7,7	8,1	18,4	-18,2
27	7,5	7,9	8,3	18,4	-18,7
28	7,7	8,1	8,4	18,3	-18,8
29	7,9	8,3	8,7	18,3	-18,8
30	8,1	8,5	8,9	18,3	-18,7

Редько Ю.Б., Войлоков И.А. Характерные циклы эксплуатационных воздействий при теплотехнических испытаниях стеновых конструкций

31	8,5	8,9	9,3	18,3	-19,0
32	8,5	8,9	9,1	18,3	-19,2
33	8,6	9,0	9,4	18,3	-19,5
34	8,7	9,1	9,5	18,2	-19,8
35	8,6	9,0	9,4	18,2	-19,6
36	8,9	9,3	9,7	18,2	-19,8
37	9,1	9,6	9,9	18,1	-19,9

Таблица 2. Результаты измерений на участке стационарного режима

№ измерения	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
Плотность теплового потока, q_1 , Вт/м ²	11,5	11,6	11,5	11,4	11,4	11,4	11,6	11,4	11,2	11,5	11,5	11,4
Плотность теплового потока, q_2 , Вт/м ²	12,1	12,2	12,1	12	12	12	12,2	11,9	11,8	12	12,1	11,9
Плотность теплового потока, q_3 , Вт/м ²	12,5	12,6	12,6	12,4	12,4	12,4	12,6	12,3	12,1	12,4	12,5	12,4
Температура воздуха в теплом отсеке, t_a , °C	+17,8	+17,9	+18	+18	+17,9	+17,8	+18	+18	+17,8	+17,9	+18,1	+17,9
Температура воздуха в холодном отсеке, t_b , °C	-19,5	-19,5	-19,6	-19,7	-20	-20,3	-20,2	-20	-19,7	-19,6	-19,5	-19,4

Список источников:

1. Княтько М.В., Горшков А.С., Рымкевич П.П. Лабораторные и натурные исследования долговечности (эксплуатационного срока службы) стеновой конструкции из автоклавного газобетона с облицовочным слоем из силикатного кирпича // Инженерно-строительный журнал. 2009. №8. С. 20-26.
2. ГОСТ 26254-84 Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.

Сафин И.Ш., Куприянов В.Н., Крайнов Д.В., Садыков Р.А. Экспериментальное определение влагосодержания по толщине ограждающей конструкции

И.Ш. Сафин, ассистент, зав. лабораторией строительной физики при кафедре «Проектирование зданий» ГОУ КазГАСУ

В.Н. Куприянов, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Проектирование зданий»

Д.В. Крайнов, ассистент кафедры «Теплоэнергетика» ГОУ КазГАСУ

Р.А. Садыков, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Теплоэнергетика» ГОУ КазГАСУ

Экспериментальное определение влагосодержания по толщине ограждающей конструкции

В настоящее время возросло количество домов, возводимых по монолитно-каркасной технологии, при этом ограждающие конструкции выполнены в виде кладки из силикатного кирпича с наружным утеплением. При расчете таких ограждающих конструкций основное внимание уделяется определению сопротивления теплопередаче, так как это основная задача на пути энергосбережения.

В ходе строительства зданий с применением влагоемких и гигроскопичных материалов при мокрых процессах производства работ (кирпичная кладка, мокрая штукатурка) строительные конструкции увлажняются. Влажностному режиму стен не уделяется должного внимания из-за малоизученности этих процессов и сложности расчетов. Существуют различные методы выявления зоны конденсации в таких конструкциях [1-4], которые основаны на теоретических представлениях (предположениях) о диффузии водяного пара. Это вызывает необходимость в проведении экспериментального определения действительного (фактического) распределения влагосодержания в толще ограждения.

Методика постановки и проведения эксперимента

Объектом испытания в работе выбрана ограждающая конструкция, в состав которой входят следующие слои:

- минеральная вата толщиной 100 мм (со стороны холодного отсека климатической камеры);
- кладка из силикатного кирпича толщиной 250 мм;
- штукатурка из цементно-песчаного раствора толщиной 15 мм (со стороны теплого отсека климатической камеры).

Образец кладки размером 1,5х1,5 м был выложен в перегородке климатической камеры (рис. 1) между теплым и холодным отсеками.

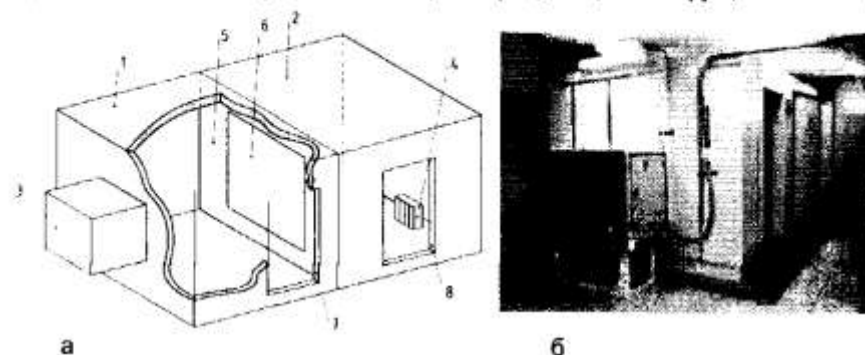


Рис. 1. Схема (а) и общий вид (б) климатической камеры:
1 – холодная камера; 2 – теплая камера; 3 – холодильный агрегат;
4 – нагревательное устройство и увлажнитель; 5 – разделительная перегородка; 6 – испытываемая конструкция или материал;
7, 8 – герметичные двери в холодную и теплую камеры.

В ходе эксперимента измерялись значения температуры и относительной влажности воздуха в порах материалов в толще ограждающей конструкции.

Для измерения температуры воздуха в теплой и холодной камерах, температур на поверхностях испытываемых ограждающих конструкций, а также тепловых потоков был использован измерительный комплекс ИТП-МГ 4.03.10 – «Поток». Для поддержания заданных температур и влажности в теплой камере использовался электронный регулятор МПРК-24. Относительная влажность воздуха и температура по толщине конструкции определялась регистратором температуры и влажности ТЕРЕМ-3.2. Расположение датчиков на стене представлено на фото 1-3.



Фото 1



Фото 2

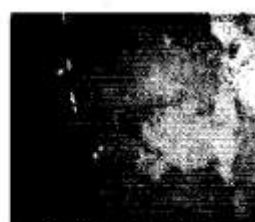


Фото 3

Датчики температур ИТП-МГ 4.03.10 – «Поток» прикреплялись непосредственно к поверхности конструкции, а два из них находились на расстоянии 100 мм от поверхностей в средней зоне. Для исключения

смещения датчики температур были прикреплены к поверхности клеящей лентой.

Для нахождения действительных значений парциального давления водяного пара внутри кирпичной кладки высверливались отверстия на глубину 50 мм, 100 мм, 150 мм. В них устанавливались датчики относительной влажности и температуры В5-В7 прибора ТЕРЕМ-3.2. Отверстия заполнялись кирпичной крошкой. Расположение остальных датчиков показано на рис. 2.

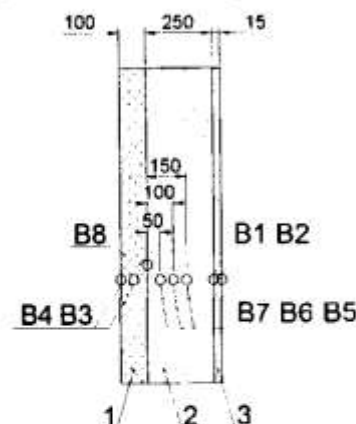


Рис. 2. Схема размещения датчиков температуры и влажности (В1-В8):
1 – минеральная вата толщиной 100 мм; 2 – кладка из силикатного кирпича толщиной 250 мм;
3 – штукатурка из цементно-песчаного раствора толщиной 15 мм

Для расчетов паропроницаемости стен и определения плоскости конденсации в строительных нормах принимается средняя температура холодного периода. В реальных условиях эксплуатации действуют так называемые «волны холода» с различной продолжительностью и температурой, отличной от расчетных величин. В эти промежутки в ограждении различными порциями накапливается конденсированная влага [5]. Для оценки этих случаев в холодном отделении камеры поддерживалась температура $-32 \pm 1^\circ\text{C}$, температура холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 для города Казани.

В теплом отделении камеры поддерживалась температура $+20 \pm 0,1^\circ\text{C}$ при относительной влажности 35-50%.

В ходе эксперимента контролировалось сопротивление теплопередаче по ГОСТ [6]. Для этого были установлены датчики тепловых потоков к поверхности конструкции со стороны теплой камеры через тонкий слой теплопроводной пасты КТП-В с коэффициентом теплопроводности $0,003 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$.

Результаты испытаний

Результаты испытаний представлены в виде графиков на рис. 3.

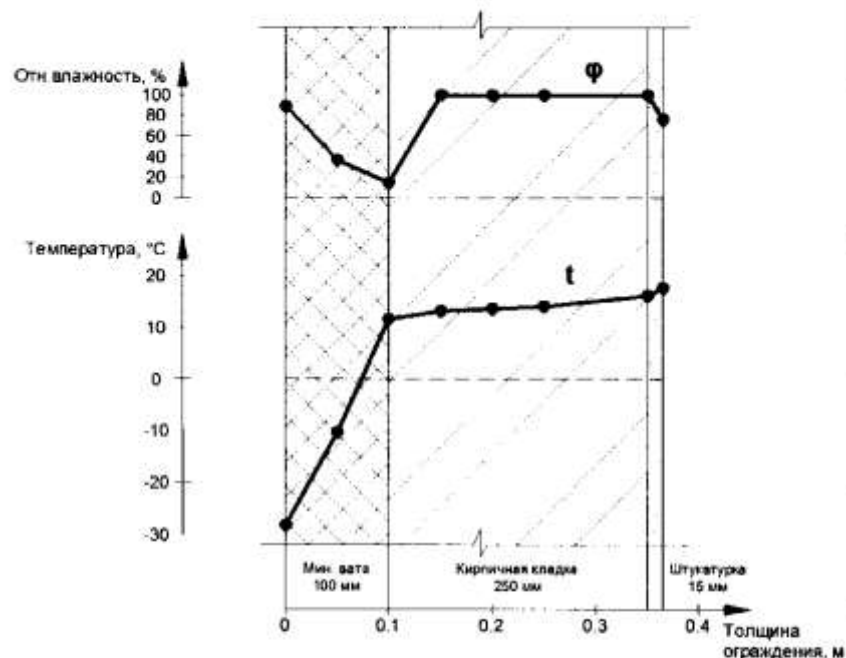


Рис. 3. Графики распределения относительной влажности и температуры по толщине ограждающей конструкции

Для сравнения результатов эксперимента был проведен расчет, основанный на рассматриваемой методике и заданных расчетных параметрах [2].

В результате были определены:

- значения максимальных парциальных давлений;
- значения парциальных давлений;
- относительная влажность;
- сорбционная влажность.

Характеристики материалов, принятые для расчетов

Параметры на поверхностях ограждения:

- наружной: $t_n = -28,13^\circ\text{C}$, $\phi_n = 88,83\%$, $e_n = 41,17 \text{ Па}$;
- внутренней: $t_v = 17,68^\circ\text{C}$, $\phi_v = 76,59\%$, $e_v = 1550,93 \text{ Па}$.

Результаты расчетов и сравнения представлены на рис. 4. Кривые сорбционной влажности (объемной) материалов (w , %) определены по данным [7].

Таблица 1

№ п/п	Материал слоя	Толщина слоя, м	Плотность материала, кг/м ³	Расчетный коэффициент теплопроводности (Б), Вт/(м·°C)	Расчетный коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)
1	Плиты из каменной ваты ROCKWOOL ВЕНТИ БАТТС (данные производителя)	0,1	90	0,041	0,3
2	Кладка из силикатного (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	0,25	1800	0,87	0,11
3	Штукатурка	0,015	1800	0,93	0,09

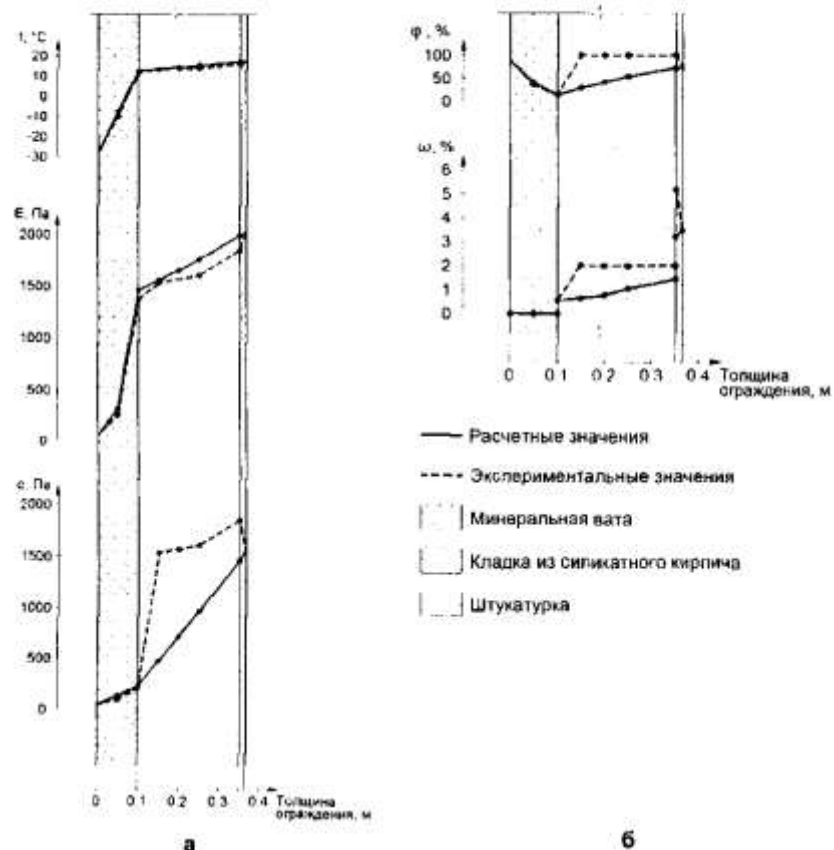


Рис. 4. Графики расчетных и экспериментальных значений
а – значения температур и упругостей водяного пара; б – значения относительной и сорбционной влажностей

Выводы

В результате проведенного эксперимента было выявлено следующее.

- В месте примыкания внутренней штукатурки к кирпичной кладке выявлено переувлажнение материалов. В месте примыкания слоя

минеральной ваты к кирпичной кладке наоборот – наблюдается уменьшение влажности материалов.

- График влажности, построенный по экспериментальным значениям, показывает, что зона конденсации охватывает всю толщину кирпичной кладки, что в конечном итоге, влияет на теплотехнические свойства ограждения и на долговечность конструкций.

- Для оценки изменения влажности в слое теплоизоляции и кирпичной стене требуются длительные теплофизические испытания на натуральных объектах при соблюдении расчетных параметров внутреннего воздуха.

- Расчетные значения теплотехнических и влажностных характеристик ограждающей конструкции не всегда совпадают с действительными.

- Для оценки действительного влажностного режима ограждающей конструкции, необходимо применение специальных датчиков измерения влажности строительных материалов, расположенных в толще стены.

Список источников:

- СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
- СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».
- Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006.
- Вытчиков Ю.С., Беляков И.Г. Определение плоскости возможной конденсации для многослойных строительных ограждающих конструкций // Строительные материалы. 2006. Апрель. С.10-13.
- Куприянов В.Н., Сафин И.Ш., Хабибуллина А.Г. К вопросу о паропроницаемости ограждающих конструкций // АCADEMIA Строительство и архитектура. 2009. №5. С. 504-507.
- ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.
- Франчук А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. М.: НИИСФ, 1969. 143 с.

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

Н.И. Ватин, д.т.н., проф., заведующий кафедрой ТОЭС
ГОУ ВПО СПбГПУ

А.С. Горшков, к.т.н., докторант ГОУ ВПО СПбГУТД

Г.И. Гринфельд, исполнительный директор Национальной Ассоциации производителей Автоклавного Газобетона (НААГ), аспирант ГОУ ВПО СПбГПУ

И.И. Пестряков, руководитель Испытательного центра ОАО «СПбЗНИИПИ» (ранее ЛенЗНИИЭП)

Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

В работе анализируется влажностный режим стеновой конструкции, выполненной из газобетонных блоков с облицовочным слоем из силикатного кирпича без зазора между кладкой стен из газобетона и облицовкой. Приводится краткое описание стеновой конструкции, технические и физико-механические характеристики слагаемых стену материалов. Приведен расчет сопротивления паропроонианию рассматриваемого типа стеновой конструкции в соответствии с требованиями раздела 9 СНиП 23-02-2003, показан график распределения парциального давления водяного пара по толщине стены. Приводятся результаты четырехлетних натурных испытаний рассматриваемой в работе стены с целью установления фактических показателей равновесной влажности газобетона и их сравнение с расчетными параметрами, принятыми в различных нормативных документах.

Описание стеновой конструкции

Рассматриваемый в работе тип стенового ограждения состоит из следующих конструктивных слоев (рис. 1).

• Кладка стен из газобетонных блоков со следующими характеристиками:

- нормируемая объемная масса – 500 кг/м^3 (D500);
- проектный класс бетона по прочности – B2;
- прочность – 3,4 МПа;
- морозостойкость – F35;
- размер изделия (длина×ширина×высота): 625×400×250 мм;

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

- кладка на клею с толщиной швов $2\pm 1 \text{ мм}$;
- коэффициент теплопроводности газобетона в условиях эксплуатации «Б» (при равновесной весовой влажности 5%) – $0,147 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C/Вт}$ (по табл. А.1 ГОСТ 31359 [1]);
- коэффициент теплотехнической однородности кладки $\tau=0,94$ [2] – таким образом, в расчетах учитывается влияние швов кладки на приведенное сопротивление теплопередаче рассматриваемой конструкции стенового ограждения.
- Наружный облицовочный слой из лицевого силикатного кирпича:
 - условное обозначение изделия СОПЛ 150/75;
 - водопоглощение – 11,7%;
 - морозостойкость – F75;
 - коэффициент теплопроводности (по паспорту) – $0,67 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C/Вт}$;
 - размер изделия: $250\times 120\times 65 \text{ мм}$;
 - кладка на растворе с толщиной швов 12 (-2;+3) мм.

Как следует из рис. 1, в рассматриваемой конструкции стены отсутствует зазор между облицовкой и газобетонной кладкой, а также отделочный слой на внутренней поверхности стены.

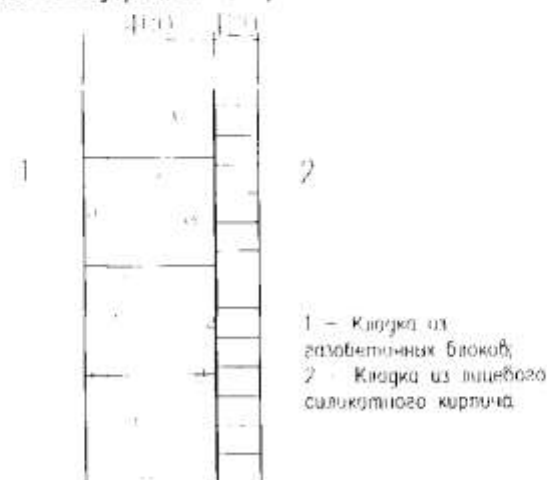


Рис. 1. Схематичное изображение конструктивного исполнения стены

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

Расчет сопротивления паропрооницанию ограждающей конструкции

Ниже, в соответствии с требованиями раздела 9 СНиП 23-02 [3], произведен расчет сопротивления паропрооницанию представленной на рис. 1 конструкции стены.

Расчет выполнен применительно к климатическим условиям Санкт-Петербурга для наружных стен жилых зданий. Требуется проверить соответствие сопротивления паропрооницанию R_{vp} рассматриваемой ограждающей конструкции требованиям СНиП 23-02 [3] и рассчитать распределение парциального давления водяного пара по толще стены и возможность образования конденсата в ней.

Расчетная температура t_{int} [°C] и относительная влажность ϕ_{int} [%] внутреннего воздуха приняты в соответствии с требованиями ГОСТ 30494 [4] и СНиП 23-02 [3], а именно:

- $t_{int} = 20^{\circ}\text{C}$;
- $\phi_{int} = 55\%$.

Расчетные параметры наружного воздуха (температура – t_{ext} [°C] и относительная влажность – ϕ_{ext} [%]) для климатических условий Санкт-Петербурга приняты согласно СНиП 23-01 [5]:

- $t_{ext} = -7.8^{\circ}\text{C}$ для наиболее холодного месяца (по табл. 3* [5]);
- $\phi_{ext} = 86\%$ (по табл. 1* [5]).

Влажностный режим помещений – нормальный; зона влажности для Санкт-Петербурга – влажная, тогда условия эксплуатации определяются по параметру «Б» (согласно СНиП 23-02 [3]). Расчетные теплотехнические показатели для блоков из автоклавного газобетона для условий эксплуатации «Б» приняты по табл. А.1 ГОСТ 31359 [1].

Расчет нормируемого сопротивления паропрооницанию ограждающей конструкции производят по СНиП 23-02 [3] с учетом **следующего требования (п.9.1):**

сопротивление паропрооницанию R_{vp} [м²·ч·Па/мг] ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации, – далее по тексту ПВК) должно быть не менее наибольшего из следующих нормируемых сопротивлений паропрооницанию:

а) нормируемого сопротивления паропрооницанию R_{vp1}^{req} [м²·ч·Па/мг] (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле:

$$R_{vp1}^{req} = \frac{(e_{int} - E) \cdot R_{vp}^e}{(E - e_{ext})}; \quad (1)$$

б) нормируемого сопротивления паропрооницанию R_{vp2}^{req} [м²·ч·Па/мг] (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле:

$$R_{vp2}^{req} = \frac{0.0024 \cdot (e_{int} - E_0)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{av} + \eta}. \quad (2)$$

Т.е. должно быть выполнено следующее условие:

$$R_{vp} \geq \max(R_{vp1}^{req}, R_{vp2}^{req}). \quad (3)$$

Далее излагается методика определения фактического и нормируемых сопротивлений паропрооницанию рассматриваемой стеновой конструкции и их соответствие требованию (3).

Сопротивление теплопередаче представленной на рис. 1 ограждающей конструкции с учетом влияния швов кладки на параметры ее теплотехнической однородности составит:

$$R^r = \frac{1}{\alpha_{int}} + r \cdot \frac{\delta_{Г.Б.}}{\lambda_{Г.Б.}} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8.7} + 0.94 \cdot \frac{0.4}{0.147} + \frac{1}{23} = 2.9 \left(\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} \right).$$

Определим термическое сопротивление слоя ограждения в пределах от внутренней поверхности стены до ПВК. Согласно Примечанию 3 п. 9.1 СНиП 23-02 [3] плоскость возможной конденсации (ПВК) в однородной (однослойной) ограждающей конструкции располагается на расстоянии, равном $\frac{2}{3}$ толщины конструкции от ее внутренней поверхности, а в многослойной конструкции совпадает с наружной поверхностью утеплителя. Представленную на рис. 1 конструкцию стены нельзя отнести к однородным однослойным, т.к. она конструктивно состоит из двух составных частей из материалов, обладающих различными механическими и физическими характеристиками. По этой причине и в связи с тем, что в данной конструкции стены газобетонная кладка выполняет, в том числе, теплоизоляционные функции (согласно ГОСТ 31359 [1] изделия из газобетона марки по плотности D500 относятся к классу конструкционно-теплоизоляционных материалов), для начальных расчетов примем

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

условно положение ПВК (на рис. 2 обозначено ПВК₀) на границе раздела между газобетонной кладкой и облицовочным слоем, как это показано на рис. 2.

В этом случае термическое сопротивление слоев кладки от ее внутренней поверхности до ПВК составит:

$$R_v = r \cdot \frac{\delta_{\Gamma.Б.}}{\lambda_{\Gamma.Б.}} = 0.94 \cdot \frac{0.4}{0.147} = 2.56 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт)}.$$

Установим для зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов их продолжительность z_i [сут], среднюю температуру t_i [°C] и рассчитаем соответствующую температуру в ПВК – t_{vi} [°C] по формуле (Э.5) СП 23-101 [6]:

- зима (декабрь, январь, февраль):

$z_1=3$ мес;

$$t_1 = \frac{(-5.0) + (-7.8) + (-7.8)}{3} = -6.9 \text{ °C};$$

$$t_{v1} = 20 - \frac{(20 + 6.9) \cdot (0.115 + 2.56)}{2.9} = -4.81 \text{ °C}.$$

- весна-осень (март, апрель, октябрь, ноябрь):

$z_2=4$ мес;

$$t_2 = \frac{(-3.9) + 3.1 + 4.9 + (-0.3)}{4} = 1.0 \text{ °C};$$

$$t_{v2} = 20 - \frac{(20 - 1.0) \cdot (0.115 + 2.56)}{2.9} = 2.47 \text{ °C}.$$

- лето (май, июнь, июль, август, сентябрь, октябрь):

$z_3=5$ мес;

$$t_3 = \frac{9.8 + 15.0 + 17.8 + 16.0 + 10.9}{5} = 13.9 \text{ °C};$$

$$t_{v3} = 20 - \frac{(20 - 13.9) \cdot (0.115 + 2.56)}{2.9} = 14.37 \text{ °C}.$$

По температурам t_i для соответствующих периодов определим по Приложению С.2 СП 23-101 [6] парциальные давления водяного пара. Получим:

- для зимнего периода $E_1=407$ Па;
- для весенне-осеннего периода $E_2=730$ Па;
- для летнего периода $E_3=1636$ Па.

По формуле (Э.4) СП 23-101 [6] определим парциальное давление водяного пара E [Па] в ПВК за годовой период эксплуатации

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

ограждающей конструкции для соответствующих продолжительностей периодов (z_1, z_2, z_3):

$$E = \frac{(407 \cdot 3 + 730 \cdot 4 + 1636 \cdot 5)}{12} = 1027 \text{ Па}.$$

Сопротивление паропрооницанию R_{vp}^{ext} [м²·ч·Па/мг] части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью и ПВК, определяется по формуле:

$$R_{vp}^{ext} = \frac{0.12}{0.11} = 1.09 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг)}.$$

Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха e_{ext} [Па] за годовой период определяют по табл. 5* СНиП 23-01 [5]:

$$e_{ext} = \frac{(330 + 320 + 390 + 570 + 800 + 1180 + 1460 + 1430 + 1090 + 760 + 550 + 420)}{12} = 775 \text{ Па}.$$

По формуле (1) определим нормируемое сопротивление паропрооницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации:

$$R_{vpl}^{req} = \frac{(1286 - 1027) \cdot 1.09}{(1027 - 775)} = 1.12 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг)}.$$

Для расчета нормируемого сопротивления паропрооницанию R_{vp2}^{req} [м²·ч·Па/мг] из условия ограничения влаги за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха определяем продолжительность этого периода z_0 [сут], среднюю температуру t_0 [°C] и рассчитываем температуру в ПВК t_{v0} [°C] за этот период:

$z_0=151$ сут;

$$t_0 = \frac{(-7.8) + (-7.8) + (-5.0) + (-3.9) + (-0.3)}{5} = -4.96 \text{ °C};$$

$$t_{v0} = 20 - \frac{(20 + 4.96) \cdot (0.115 + 2.56)}{2.9} = -3.02 \text{ °C}.$$

Парциальное давление водяного пара E_0 [Па] в ПВК при данной температуре (-3.02 °C) составляет 475 Па.

В принятой ограждающей конструкции (рис. 1) увлажняемым слоем является кладка стен из газобетонных блоков. В данном случае: плотность $\rho_w=\rho_0=500$ кг/м³, толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции $\delta_w=0.4$ м, предельно допустимое приращение расчетного

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

массового отношения влаги в газобетоне согласно требованиям табл. 12 СНиП 23-02 [3] составляет $\Delta w_{av}=6\%$. Средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными средними

месячными температурами (ноябрь-март) составляет $e_0^{ext}=402$ Па.

Коэффициент η определяется по формуле (20) СНиП 23-02 [3]:

$$\eta = \frac{0.0024 \cdot (475 - 402) \cdot 151}{1.09} = 24.27.$$

Определим R_{vp2}^{req} по формуле (17) СНиП 23-02 [3]:

$$R_{vp2}^{req} = \frac{0.0024 \cdot 151 \cdot (1286 - 475)}{(500 \cdot 0.4 \cdot 6 + 24.27)} = 0.24 (м^2 \cdot ч \cdot Па / Мг).$$

Рассчитаем сопротивление паропроонианию (от внутренней поверхности до ПВК) конструкции стены, представленной на рис. 1:

$$R_{vp} = \frac{0.4}{0.2} = 2.0 (м^2 \cdot ч \cdot Па / Мг).$$

При сравнении полученного значения R_{vp} с нормируемыми величинами делаем заключение, что условие (3) выполняется:

$$R_{vp} > R_{vp1}^{req} > R_{vp2}^{req}.$$

Следовательно, рассмотренная в настоящем примере ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям СНиП 23-02 (раздел 9) [3] в отношении сопротивления паропроонианию.

Для проверки конструкции на наличие зоны конденсации внутри стены определим полное сопротивление паропроонианию стены R_{vp} по формуле (79) СП 23-101 [6]:

$$R_{vp} = \frac{0.4}{0.2} + \frac{0.12}{0.11} = 3.09 (м^2 \cdot ч \cdot Па / Мг).$$

Вычислим парциальное давление водяного пара внутри и снаружи стены по формуле (Э.3) и Приложению С СП 23-101 [6]:

- $t_{int}=20^\circ\text{C}$; $\varphi_{int} = 55\%$; соответственно $e_{int}=(55/100) \cdot 2338=1286$ (Па);
- $t_{ext}=-7.8^\circ\text{C}$; $\varphi_{ext} = 86\%$; соответственно $e_{ext}=(86/100) \cdot 315=271$ (Па).

Определим по формуле (Э.5) СП 23-101 [6] температуры t_i на границах слоев, нумеруя их от внутренней поверхности к наружной, и по

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

этим температурам – максимальное парциальное давление водяного пара E_i по Приложению С [6]:

$$t_1 = 20 - \frac{(20 + 7.8) \cdot (0.115)}{2.9} = 18.9^\circ\text{C} \quad - \text{соответствующее данной}$$

температуре значение $E_1=2182$ Па;

$$t_2 = 20 - \frac{(20 + 7.8) \cdot (0.115 + 2.56)}{2.9} = -5.64^\circ\text{C} \quad - \text{соответствующее}$$

данной температуре значение $E_2=380$ Па;

$$t_3 = 20 - \frac{(20 + 7.8) \cdot (0.115 + 2.56 + 0.179)}{2.9} = -7.34^\circ\text{C}$$

соответствующее данной температуре значение $E_3=329$ Па.

Рассчитаем действительные парциальные давления водяного пара e_i на границах слоев по формуле (Э.6) СП 23-101 [6]:

$$e_1 = 1286 \text{ Па};$$

$$e_2 = 1286 - \frac{(1286 - 271) \cdot 2.0}{3.09} = 629 \text{ Па};$$

$$e_3 = 271 \text{ Па}.$$

Результаты расчета применительно к климатическим условиям Санкт-Петербурга для наиболее холодного месяца графически представлены на рис. 2. На рис. 2 сплошной линией показано распределение максимального парциального давления E_i водяного пара по толщине стены, пунктирной линией – действительного e_i . Как следует из представленного рисунка, точка пересечения кривых действительного и максимального парциальных давлений водяного пара отстоит на 87 мм от границы раздела газобетонной кладки и облицовочного слоя. В этом месте фактически и находится плоскость возможной конденсации (обозначена ПВК_с), а не в рассмотренном ранее исходя из принятого допущения (ПВК_с). В соответствии с изменением положения ПВК требуется повторно произвести проверку выполнения условия (3).

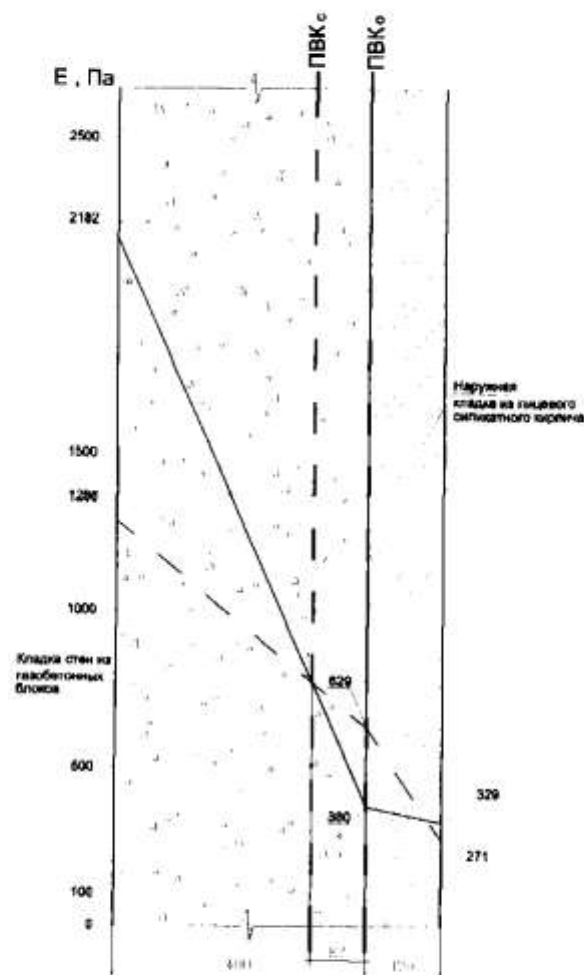


Рис. 2. Распределение парциального давления водяного пара в стеновой ограждающей конструкции из газобетонных блоков, облицованной снаружи лицевым слоем из силикатного кирпича

С учетом новых исходных условий результаты проверки условия (3) показывают, что:

- нормируемое сопротивление паропрооницанию (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации) $R_{vp1}^{req} = 0.28 (м^2 \cdot ч \cdot Па / м^2)$;
- нормируемое сопротивление паропрооницанию (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха) $R_{vp2}^{req} = 0.21 (м^2 \cdot ч \cdot Па / м^2)$;
- сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации, обозначенной на рис. 2 как ПВК_с)

$$R_{vp1} = 1.57 (м^2 \cdot ч \cdot Па / м^2).$$

Из представленных выше расчетов следует, что и в новых исходных условиях, полученных на основании анализа графических данных распределения давления водяного пара по толщине стены, условие (3) также выполняется. Несмотря на наличие зоны возможной конденсации, фактическое значение сопротивления паропрооницанию R_{vp} рассматриваемого типа стены больше нормируемых значений ($R_{vp1}^{req}, R_{vp2}^{req}$), следовательно, защита рассматриваемой на рис. 1 стеновой конструкции от влаги обеспечена.

Однако полученные результаты дают лишь приблизительное представление о расчетном массовом значении влажности газобетона. Более детальное представление о распределении влажности по толщине стеновой конструкции можно получить в результате проведения натурных исследований влажностного режима стен.

Натурные испытания

Конструкция наружного ограждения, представленная на рис. 1, с незначительными вариациями широко применяется на строительных объектах Санкт-Петербурга с 1998 года. При проектировании подобного типа стеновых конструкций длительное время не имел однозначного решения вопрос о расчетном значении теплопроводности газобетона, зависящей не только от свойств самого материала, но и от равновесного значения влажности.

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

Данные о расчетной влажности газобетонного слоя представленной на рис. 1 двухслойной стеновой конструкции и соответствующей ей расчетной теплопроводности содержатся в различных нормативных документах [1, 6, 7] и имеют значительные расхождения. Также имеются публикации [8], показывающие заметное влагонакопление в конструкциях, аналогичных описываемым, в отопительный период.

С целью изучения динамики изменения влажностного состояния рассматриваемой в настоящей работе двухслойной стены и установления равновесной влажности газобетонного слоя данной стеновой конструкции, на территории Санкт-Петербургского Зонального Научно-Исследовательского и Проектного Института жилищно-гражданских зданий (ранее ЛенЗНИИЭП) в одном из корпусов была построена и с мая 2007 г. по настоящее время наблюдается наружная стена северо-восточной ориентации, ограждающая офисное помещение (фото 1).



Фото 1. Испытываемый фрагмент стеновой конструкции

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

Технология отбора проб из массива стены заключалась в следующем. Образцы газобетона цилиндрической формы специальным пробоотборником (фото 2) с насечками, расположенными с шагом 5 см, выбуривались из испытуемой стеновой конструкции (фото 3). Полученные таким образом цилиндры высотой по 5 см каждый укладывались в лабораторные емкости, взвешивались на электронных весах и помещались в сушильный шкаф (фото 4). Испытания с целью определения влажности образцов проводились по методике ГОСТ 12852.2 [9].



Фото 2. Пробоотборник



Фото 3. Отбор проб

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

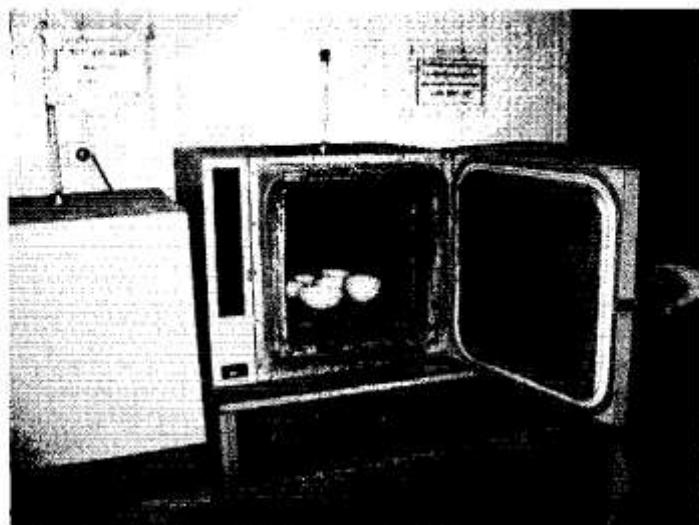


Фото 4. Высушивание образцов

Газобетонный слой стены был выполнен из автоклавного газобетона, изготовленного по литьевой технологии, и имевшего влажность после автоклавной обработки на уровне 35-40%. Влажность газобетона по толщине стены после завершения этапа монтажа стеновой конструкции не контролировалась, но по результатам, полученным на основании результатов испытаний случайного отбора образцов, составляла около 30%. В целом условия возведения испытываемой стеновой конструкции были максимально приближены к реальным условиям на строительной площадке: материал для возведения стен был заказан перед началом выполнения монтажных работ, строительные работы были начаты после установления необходимых для возведения стен температурных условий. В дальнейшем влажность контролировалась в среднем три раза в год: в начале отопительного периода, в его середине и в конце, а также несколько раз значения влажности по толщине стены контролировались в промежуточные периоды, например, летом – в августе месяце.

Представленная на рис. 3 кривая показывает изменение средней по толщине газобетонного слоя массовой влажности с течением времени. При фактических погодных условиях 2007–2010 гг. в Санкт-Петербурге переход газобетонного слоя наблюдаемой конструкции от высыхания к

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

сезонным колебаниям влажности (выход на квазистационарный влажностный режим) произошел за 3 года.

w, % (масс.)

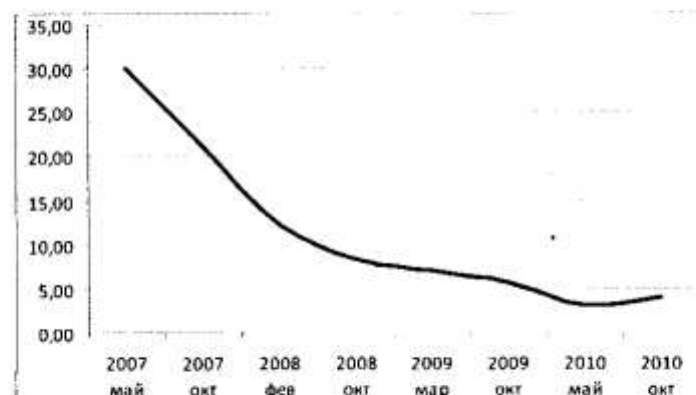


Рис. 3. Динамика изменения во времени среднего по толщине значения массовой влажности газобетонного слоя в рассматриваемом типе ограждения

Кривые, представленные на рис. 4, показывают распределение влаги по толщине газобетонного слоя. Несмотря на наличие наружного кирпичного слоя с относительно высоким сопротивлением паропроницанию, в отопительный период не происходит значительного увлажнения наружных слоев конструкционно-теплоизоляционного слоя двухслойной ограждающей конструкции, что подтверждается вышеприведенным расчетом.

Выводы

1. В рассмотренной наружной стеновой ограждающей конструкции северо-восточной ориентации средняя влажность газобетонного слоя на уровне 4–5% (масс.) установилась через три года после проведения кладочных работ.
2. Расчет влажностного режима представленной стеновой конструкции по методике раздела 9 СНиП 23-02 [3] показывает ее соответствие нормативным требованиям, что подтверждается результатами натурных наблюдений.

Ватин Н.И., Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Пестряков И.И. Влажностный режим стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича

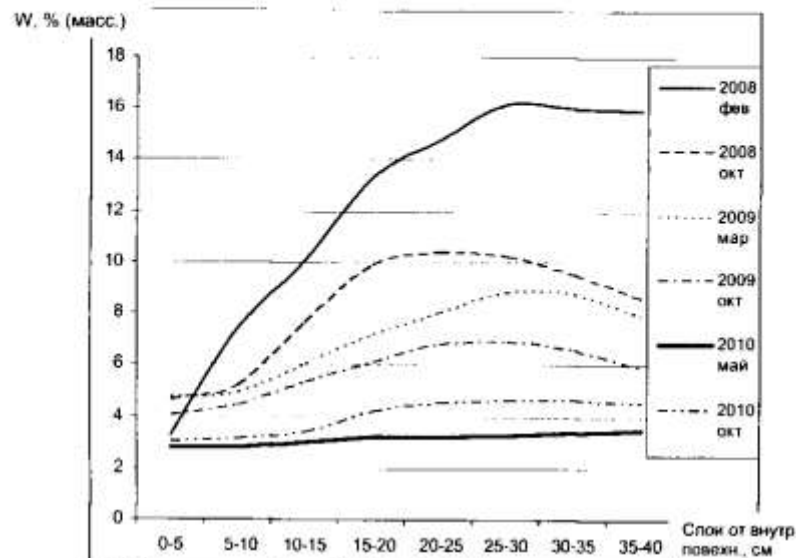


Рис. 4. Распределение влаги по толщине стены

Список источников:

1. ГОСТ 31359-2007. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия.
2. Горшков А.С., Гладких А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона // Инженерно-строительный журнал. 2010. №3. С. 39-42.
3. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
4. ГОСТ 30494-1996. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
5. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.
6. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.
7. СТО 00044807-001-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий.
8. Славчева Г.С., Чернышов Е.М., Коротких Д.Н., Кухтин Ю.А. Сравнительные эксплуатационные теплозащитные характеристики одно- и двухслойных стеновых газосиликатных конструкций // Строительные материалы. 2007. №4. С. 13-18.
9. ГОСТ 12852.2-77. Бетон ячеистый. Метод определения влажности и объемной массы.

Редько Ю.Б. К вопросу об эффективности энергосберегающих водно-дисперсионных покрытий на основе микросфер

Ю.Б. Редько, технический директор ООО «АлгоритмСтрой»

К вопросу об эффективности энергосберегающих водно-дисперсионных покрытий на основе микросфер

Энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций предполагает, в частности, использование как самих ограждающих конструкций, так и строительных материалов с улучшенными теплозащитными и теплофизическими свойствами.

Одним из таких направлений является применение термических покрытий, позволяющих повысить энергосбережение при строительстве и эксплуатации зданий.

Поэтому для определения наличия эффекта уменьшения теплопотерь ограждающих конструкций и его количественной оценки были выполнены лабораторные испытания представленной водно-дисперсионной композиции для энергосберегающих покрытий в соответствии с методом определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [1].

В соответствии с программой, в качестве элемента ограждающей конструкции были выбраны образцы легкого бетона, относящегося к материалам с так называемой «серой» поверхностью, значения их относительного коэффициента излучения с поверхности приведено в [2].

Испытания осуществлялись в лабораторных условиях в климатической камере на образцах 1000мм x 1000мм. Нанесение, выдержка и сушка энергосберегающего покрытия выполнялись в соответствии с программой испытаний.

Испытываемый образец при испытаниях располагался вертикально, симметрично рабочему проему холодного отсека.

Направление теплового потока при выполнении испытаний – горизонтальное.

Климатические параметры в отсеках климатической камеры поддерживались автоматически, при этом осуществлялась непрерывная фиксация измерений с непосредственной графо-аналитической обработкой.

Схема размещения первичных преобразователей температур и тепловых потоков была составлена на основе проектного решения конструкции. Термодатчики размещались на поверхности ограждающей конструкции.

Термодатчики располагались в центре термически однородных зон

Применялись измерители плотности тепловых потоков типа ИТП-МГ.

Редько Ю.Б. К вопросу об эффективности энергосберегающих водно-дисперсионных покрытий на основе микросфер

Измерения выполнялись непрерывно с автоматической записью результатов. Интервал записи результатов измерений составил 1 час 30 минут.

После достижения в отсеках климатической камеры заданных температур воздуха, измерения производились по окончании времени тепловой инерции установленного образца, предварительно рассчитанному в соответствии с [3] при условии стационарного теплообмена.

Определяемые показатели:

- R_0 – сопротивление теплопередаче термически однородной зоны ограждающей конструкции;
- R_k – термическое сопротивление однородной зоны ограждающей конструкции.

Полученные результаты испытаний приведены в таблице 1.

Выводы:

1. Получены экспериментальные данные о наличии эффекта применения испытанного покрытия при термическом сопротивлении конструкции $R_k = 0,66 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$.

2. Теплотери через образцы с покрытием меньше, чем без покрытия, снижение теплотерь составляет 10,9%.

3. Существенного влияния на изменение теплотерь при нанесении второго слоя не зафиксировано.

Список источников:

1. ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М.: Высшая школа, 1982.
3. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.

Редько Ю.Б. К вопросу об эффективности энергосберегающих водно-дисперсионных покрытий на основе микросфер

Таблица 1. Результаты теплотехнических испытаний

Номер обр.	Характеристика ограждающей конструкции	Размеры образца, м	Положение испытываемых образцов	Направление теплового потока	Термическое сопротивление R_k , $\text{м}^2 \text{ К/Вт}$	Сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \text{ К/Вт}$
1	Легкий бетон	1,0x1,0x0,07625(*)	вертикальное	Горизонтальное	0,66	0,828
2	Легкий бетон с покрытием	1,0x1,0x0,07833(*)	вертикальное	Горизонтальное	0,74	0,918
3	Легкий бетон с покрытием и с дополнительным слоем	1,0x1,0x0,07833(*)	вертикальное	Горизонтальное	0,73	0,837

(*) – среднеарифметическое значение толщины образца

Расчет энергоэффективности зданий

Цель работы – найти оптимальный метод расчета энергоэффективности зданий.

Для достижения поставленной цели необходимо провести энергосберегающий анализ основных факторов, влияющих на энергосбережение здания. Важными факторами энергосбережения являются: правильный выбор объемно-планировочных решений; срок службы здания; расход энергии, идущей на строительство здания; потери тепла при эксплуатации здания. Все перечисленные факторы неразрывно связаны между собой. С увеличением уровня теплозащиты здания уменьшается расход энергии в период эксплуатации, но возрастает энергоемкость конструкции, а следовательно расход энергии на ее создание и монтаж.

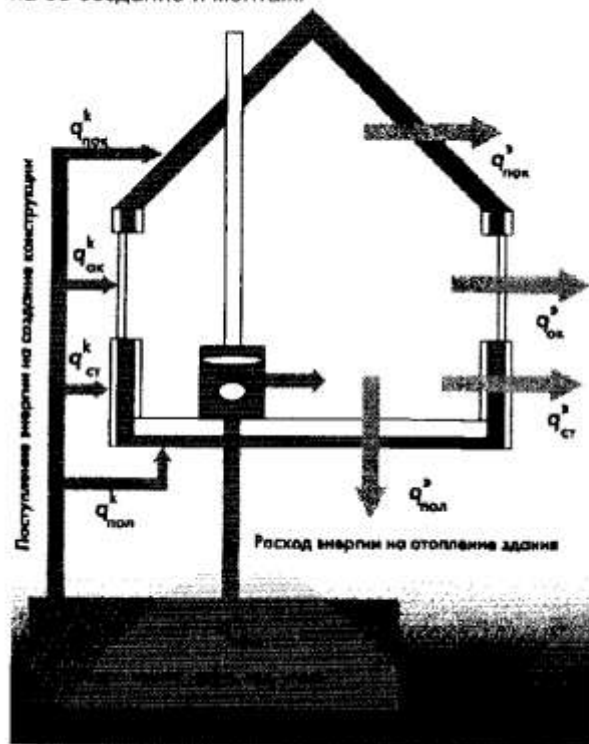


Рис. 1. Схема расхода невозобновляемых источников энергии на отопление здания $q^k_{общ}$ и создание ограждающих конструкций здания $q^k_{общ}$

В связи с этим выбран метод расчета энергоэффективности здания, в котором наружные ограждающие конструкции рассчитываются поэлементно по затратам тепла на отопление, затратам тепла на их изготовление, транспорт и монтаж с учетом срока службы каждого элемента и здания в целом, климатического района.[1]

На рис. 1 приведена схема расхода невозобновляемых источников энергии на отопление здания $q^k_{общ}$ и создание ограждающих конструкций здания $q^k_{общ}$. Общее количество энергии складывается из этих двух составляющих.

Необходимо определить минимальные удельные энергетические затраты $q^k_{мин}$, используя теорию размерности, теорию подобия и теорию теплообмена. Минимальное значение приведенного сопротивления теплопередаче $R^*_{min}_o$ можно определить по формуле:

$$R^*_{min}_o = 1 / Sa^{1/2}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}. \quad (1)$$

Безразмерный критерий Sa имеет теплофизический и экономический смысл. Он показывает, насколько теплотери 1 м^2 ограждающей конструкции, сопротивление теплопередаче которой R_o , больше или меньше тепловой энергии, затраченной на ее создание и монтаж за срок службы ограждения.

$$Sa = q^k_k / q^k_o = k^*_k / k^*_o = Q^*_k R^*_o / (24 D Z^*), \quad (2)$$

где Sa – безразмерный критерий;

Q^*_k – энергоемкость, $\text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$ элемента наружного ограждения, сопротивление теплопередаче которого $R^*_o = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

D – градусо-сутки отопительного периода, $\text{°C} \cdot \text{сут}$.

Безразмерная величина, численно равная сроку службы ограждения:

$$Z^* = Z / Z_{от.пер.} \quad (3)$$

Из формулы (1) можно сделать вывод, что для каждого климатического района строительства различные конструкции стен, окон, полов и покрытий имеют свои оптимальные значения $R^*_{min}_o$.

Для обеспечения высокой энергоэффективности здания необходимо разработать конструкцию стены, окна, пола и покрытия с наименьшим значением суммарного коэффициента теплопередачи.[1] Для этого необходимо выбрать вариант конструкции с наибольшим значением R^*_o и наименьшим критерием Sa . Повысить сопротивление теплопередаче можно, заменив конструкции из кирпича или дерева теплоизоляционными материалами, но срок службы здания из-за этого сократится. Введенный в данный метод критерий Sa учитывает этот фактор.

Таким образом, данный метод позволяет наиболее точно оценить энергоэффективность здания.

Список источников:

1. Савин В.К. Энергоэффективность наружных конструкций зданий - Дисс. КГТУ, 2001 г. 217с.

Немова Д.В., Ватин Н.И. Анализ целесообразности увеличения толщины теплоизолирующего слоя в системах навесных вентилируемых фасадов (НВФ) в целях повышения энергоэффективности

Д.В. Немова, студентка 3 курса каф. ТОЭС ГОУ ВПО СПбГПУ
Н.И. Ватин, д.т.н., проф., заведующий кафедрой ТОЭС ГОУ СПбГПУ

Анализ целесообразности увеличения толщины теплоизолирующего слоя в системах навесных вентилируемых фасадов (НВФ) в целях повышения энергоэффективности

В последнее время все чаще поднимается вопрос энергоэффективности. 27 ноября 2009 вступил в силу федеральный закон от № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1].

Здание тем более энергоэффективно, чем меньше оно теряет тепла, энергии, чем выше сопротивление теплопередаче его ограждающих конструкций. Есть несколько возможностей снизить энергетические затраты, среди них можно выделить:

- разработку новых технологий, конструкций;
- увеличение толщины теплоизолирующего слоя.

Пример увеличения толщины теплоизоляционного слоя встречается в технологии «пассивного дома». В таких зданиях предусмотрена увеличенная толщина теплоизоляции. Однако достижение экономии за счет увеличения теплоизолирующего слоя не всегда целесообразно. Рассмотрим систему навесных вентилируемых фасадов. Стоимость подконструкции НВФ зависит от толщины теплоизоляции. И вентилируемые фасады для экономии, таким образом, не подходят. Чтобы убедиться в этом, проведем следующий анализ.

Сделаем теплотехнический расчет, методика которого базируется на требованиях СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [2] и СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» [3]. Получим следующие результаты (таблица 1).

Далее делаем расчет затрат на отопление. Для этого находим потери теплоты за 10 лет по формуле [4]:

$$Q_{n-(n-1)} = \int_{n-1}^n P(t) dt, \quad (1)$$

где: P - теплотопотери, Вт; n - срок (10 лет); Q - теплотопотери за определенный срок (10 лет).

Немова Д.В., Ватин Н.И. Анализ целесообразности увеличения толщины теплоизолирующего слоя в системах навесных вентилируемых фасадов (НВФ) в целях повышения энергоэффективности

Таблица 1

№	Наименование	Ед. изм.	Показатель
1	Градусо-сутки отопительного периода, D_d	°C·сут	4796
2	Требуемое сопротивление теплопередаче, R_{req}	м ² ·°C/Вт	3,08
3	Термическое сопротивление ограждающей конструкции, R_k^*	м ² ·°C/Вт	2,526-6,304
4	Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, R_0^*	м ² ·°C/Вт	2,684-6,462
5	Потери теплоты, P на 1 м ² *	Вт	17-8
6	Минимальная величина сопротивления теплопередаче, R_{min}	м ² ·°C/Вт	1,94

* для каждой толщины утеплителя от 80 до 250 мм.

Учитывая изменения тарифа, определяем затраты на электроэнергию за этот срок [4]:

$$S_n = (1,13(n^{\frac{1}{2}} - (n-1)^{\frac{1}{2}}) + 13) \cdot (0,32n + 1,62) \quad (2)$$

Стоимость электроэнергии за любой год S_n определяется как произведение тарифа c_n на электроэнергию J_n , израсходованную за n -й год.

Далее рассчитываем стоимость подконструкции системы НВФ для каждой толщины утеплителя, прибавляем к ней затраты на теплоизоляцию и строим график зависимости стоимости подконструкции и утеплителя и затрат на электроэнергию, выраженную в рублях, от толщины утеплителя (рис. 1).

И, как можно увидеть из рис. 1, в результате на подконструкцию и теплоизоляцию мы потратим больше, чем сэкономим на электроэнергии за 10 лет.

Немова Д.В., Ватин Н.И. Анализ целесообразности увеличения толщины теплоизолирующего слоя в системах навесных вентилируемых фасадов (НВФ) в целях повышения энергоэффективности

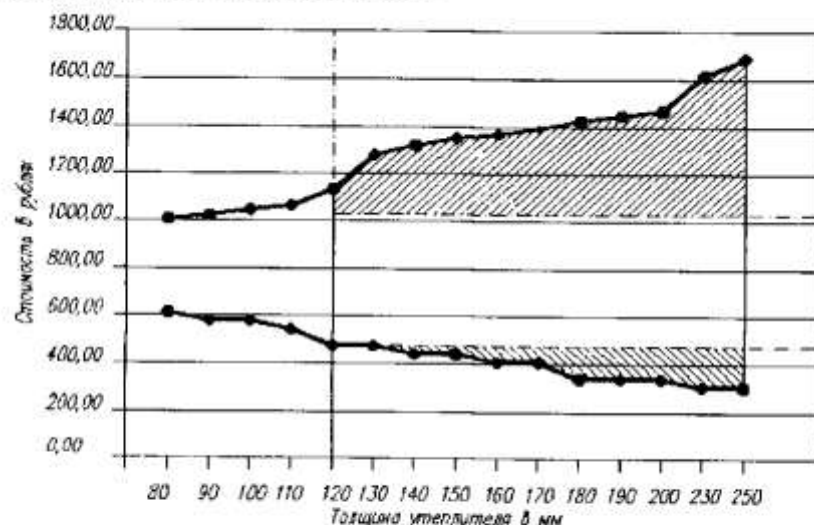


Рис. 1. График зависимости стоимости подконструкция + утеплитель и затрат на электроэнергию, выраженную в рублях от толщины утеплителя

Для решения вопроса энергоэффективности необходим комплексный подход. В России на энергопотребление зданий уходит около 43 % всей вырабатываемой тепловой энергии. Необходимо искать новые способы повышения энергоэффективности, создавать и внедрять высокие технологии в строительстве.

Список источников:

1. Федеральный закон от № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
3. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».
4. Салегина Е.А. Энергоэффективность системы навесного фасада с воздушным вентилируемым зазором : дисс. магистра техники и технологии : защищена 17.06.09 / ГОУ СПбГПУ, кафедра «Технология, организация и экономика строительства».
5. Горшков А.С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. №1. С. 9-13.

Попов Д.Ю., Горшков А.С. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности

Д.Ю. Попов, студент 4 курса каф. ТОЭС ГОУ ВПО СПбГПУ
А.С. Горшков, к.т.н., докторант ГОУ ВПО СПбГПУ

Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности

В последние 5-8 лет при проектировании ограждающих конструкций жилых многоэтажных монолитно-каркасных зданий в подавляющем большинстве случаев применяются следующие конструктивные решения стен:

- конструкция вентилируемого фасада;
- конструкция ограждения с тонким штукатурным слоем по слою утеплителя на несущей основе (бетон, кирпичная или газобетонная кладка);
- кладка стен из газобетонных блоков с облицовочным слоем из керамического или силикатного кирпича.

Большое распространение в настоящее время получило конструктивное решение вентилируемого фасада. Конструкция вентилируемого фасада в своем традиционном исполнении состоит из следующих слоев (перечисляются по мере следования от внутренней поверхности стенового ограждения к наружному):

- несущая основа (бетонное основание, кирпичная или газобетонная кладка);
- теплоизоляционный слой, закрепленный посредством химических и (или) механических связей (анкеров) к несущей основе;
- экран, состоящий из направляющих профилей, кронштейнов, крепежных элементов, облицовочных плит или панелей и ряда других важных элементов.

С точки зрения теории надежности вероятность безотказной работы многослойной конструкции равна произведению вероятностей безотказной работы каждого ее слоя или элемента [1]. На практике это означает, что выход из работоспособного состояния (отказ) какого-либо одного конструктивного слоя оказывает существенное влияние на надежность всей системы в целом (нарушает условия ее нормальной эксплуатации). Таким образом, априори из теории надежности вытекает следующее следствие: чем меньше слоев, а также конструктивно связанных между собой элементов, будет в составе конструкции стены, тем более высокими показателями надежности будет она обладать.

В настоящей работе предлагается конструктивное решение стены, позволяющее уменьшить количество слоев и, как следствие, повысить надежность всей конструкции стены, а также существенно снизить ее

себестоимость. Достигается это за счет следующего инженерного решения (рис. 1). Известно, что однородная однослойная стена, составленная из газобетонных блоков марки по плотности D400 (при коэффициенте теплопроводности $\lambda_b=0,117$ Вт/м·°C [2], т.е. в условиях эксплуатации «Б») обеспечивает не только минимально допустимые СНиП 23-02 [3] значения требуемых показателей сопротивления теплопередаче ($R_{\text{треб}}=1,94$ м²·°C/Вт, – потребительский подход к нормированию уровня теплозащиты, – показатели «б» и «в» требований), но и значения требуемого сопротивления теплопередаче по предписывающему подходу ($R_{\text{треб}}=3,08$ м²·°C/Вт, – показатели «а» и «б» требований СНиП 23-02 [3]).

Применение газобетонной кладки в конструкции вентилируемых фасадов ограничено минимальными требованиями к плотности и прочности блоков. Для обеспечения требуемых значений вырывающих усилий требуется применение кладки из блоков марки по плотности D500 [4]. Однослойная однородная кладка из блоков данной марки (D500) не обеспечивает необходимые параметры теплозащиты или требует сравнительно большой толщины стен (порядка 450 мм при коэффициенте теплопроводности $\lambda_b=0,147$ Вт/м·°C [2]).

В то же время в настоящее время на рынке систем вентилируемых фасадов существуют системы с шагом профиля протяженностью 3 метра и более. Данное конструктивное решение позволяет закрепить основные кронштейны подсистемы непосредственно в диски монолитного перекрытия. Дополнительно, с целью увеличения изгибной жесткости направляющего профиля, требуется установка промежуточных кронштейнов в подоконном и, возможно, надоконном участках стены. Однако для данных участков уже не требуется обеспечения тех же вырывающих усилий на анкер, которые необходимы для несущих кронштейнов. Таким образом, для данного конструктивного решения могут быть применены газобетонные блоки марки по плотности D400. Требуемые параметры теплозащиты ($R_{\text{треб}}=3,08$ м²·°C/Вт) в этом случае обеспечит толщина 375 мм, – стандартная для большинства производителей.

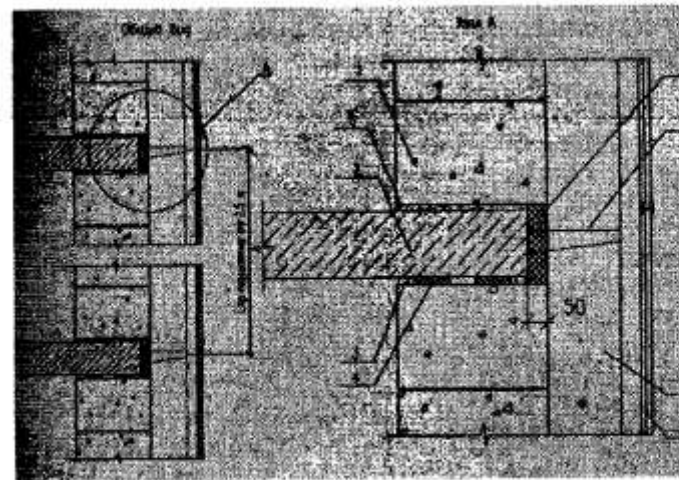


Рис. 1. Разрез предлагаемого технического решения

- 1 – Кладка из газобетонных блоков H+H марки D400 на клею;
- 2 – Монолитная (сборная) железобетонная плита;
- 3 – Пароизол (герметик);
- 4 – Минеральная вата;
- 5 – Раствор М35;
- 6 – Подсистема вентилируемого фасада;
- 7 – Воздушный зазор;
- 8 – Несущий кронштейн подсистемы вентилируемого фасада;
- 9 – Утеплитель толщиной 50 мм.

Открытые диски монолитных перекрытий для данного конструктивного решения представляют собой слабое с точки зрения теплотехнической однородности место. Поэтому кладку стен из газобетона предлагается вести «на выносе» (глубиной 50+75 мм), что допустимо при поэтажном опирании стен на монолитные перекрытия (рис. 1). Образующийся при этом просвет между разноэтажными стенами рекомендуется закрывать эффективным минераловатным утеплителем с соответствующей глубине просвета толщиной.

Попов Д.Ю., Горшков А.С. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности

В целом, предлагаемое конструктивное решение обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным исполнением вентилируемых фасадов, а именно:

- не требует дополнительного утепления, что определяет его более низкую себестоимость;
- обладает высокими противопожарными показателями (так как стены из газобетонных блоков имеют степень огнестойкости не менее REI 240);
- имеет более высокую надежность (ввиду уменьшения количества слоев в конструкции наружного стенового ограждения) и долговечность;
- обладает более высокой теплотехнической однородностью (практически отсутствуют сквозные теплопроводные включения или их влияние значительно уменьшено);
- менее трудоемко в процессе производства монтажных работ (монтаж стен из блоков и монтаж фасада можно выполнять независимо);
- не требует проведения последующих работ по замене утеплителя.

Список источников:

1. Колотилкин Б.М. Проблемы долговечности и надежности жилых зданий. М.: Изд-во «Знание», 1969. 46 с.
2. ГОСТ 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия».
3. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
4. СТО «Анкерные крепления для фасадных систем». Изд. 4-е / Ассоциация «Наружные фасадные системы». М., 2007. 46 с.

Бердюгин И.А., Ватин Н.И. Применение теплоизоляционных изделий из каменной ваты и стекловолокна

И.А. Бердюгин, студент 5 курса каф. ТОЭС ГОУ СПбГПУ

Н.И. Ватин, д.т.н., проф., заведующий кафедрой ТОЭС ГОУ СПбГПУ

Применение теплоизоляционных изделий из каменной ваты и стекловолокна

Цель работы – сравнение каменной ваты и стекловолокна с целью правильного выбора того или иного материала для конкретных видов конструкций.

Для достижения поставленной цели был произведен расчет утепления изделиями из минеральной ваты и стекловолокна на объекте - административном здании со встроенными торговыми помещениями, индивидуальным тепловым пунктом и подземной автостоянкой по улице Владимировская в Завельцовском районе города Новосибирска.

На первом этапе теоретических исследований была рассмотрены технологии производства теплоизоляционных материалов из каменной ваты и стекловолокна. Также мы рассмотрели особенности утепления каждого элемента здания, а именно: стены, кровля, подвал, пол.

На втором этапе была рассчитана стоимость утепления каждым видом теплоизоляции, учитывая исходные данные сооружения:

- район по ветровому давлению – III (38 кг/м^2 , СНиП 2.01.07-85*);
- расчетная температура воздуха наиболее холодного периода: -39°C ;
- климатический район строительства – В;
- уровень ответственности здания – II;
- класс функциональной пожарной опасности – Ф 1.3;
- степень огнестойкости здания – II;
- нормативная снеговая нагрузка – 250 кг/м^2 ;
- материал ограждающих конструкций: полнотелый кирпич на цементно-песчаном растворе М50. Толщина кладки 250 мм.

В результате расчета мы получили, что утеплять изделиями из стекловолокна дешевле, но это не всегда целесообразно т.к. у стекловолокна снижена стойкость к щелочам и прочность на разрыв, недостаточность которой обусловлена самим способом изготовления плит. Кроме того, стекловолокно при 600°C уже полностью расплавится, тогда как при пожаре температура над верхним срезом оконного проема может достигать 1000°C .

В том случае, если необходимо достичь жесткой экономии при устройстве вентилируемого фасада, допустимо использовать паропроницаемую вату из стекловолокна. Жесткие плиты из базальтового волокна, имеющие высокие прочностные и деформационные

Бердюгин И.А., Ватин Н.И. Применение теплоизоляционных изделий из каменной ваты и стекловолокна

характеристики, в навесных вентилируемых фасадах использовать предпочтительнее.

Таким образом, по результатам работы выявлено, что экономически эффективнее утеплять изделиями из стекловолокна, но необходимо отметить, что жесткие утеплители из каменной ваты предназначены для применения на объектах, где изоляция подвергается нагрузке либо во время выполнения монтажных работ, либо при эксплуатации. Особенностью панелей из стекловолокна является возможность производить гнутые элементы (например, рельефные потолки).

Список источников:

1. Рахимов, Р.З. Современные теплоизоляционные материалы [Текст] : учеб. пособие / Р. З. Рахимов, Н. С. Шелихов. Казань : КГАСУ, 2006 (Казань). 392 с.
2. Фасадные системы для сибирского климата [Текст] : монография / С. Н. Овсянников [и др.]. Под ред. С. Н. Овсянникова. Томск : Изд-во Том. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2006 (Томск). 217 с.
3. Коледин, В. В. Минераловатные теплоизоляционные материалы [Текст] : учеб. пособие / В.В.Коледин. Новосибирск : [б. и.], 2002. 92 с.

Согомонян И.А., Зырянов П.С., Гринфельд Г.И. Анализ температурно-влажностного режима газобетона

И.А. Согомонян, студент 3 курса каф. ТОЭС ГОУ ВПО СПбГПУ
П.С. Зырянов, студент 3 курса каф. ТОЭС ГОУ ВПО СПбГПУ
Г.И. Гринфельд, исполнительный директор Национальной Ассоциации производителей Автоклавного Газобетона (НААГ), аспирант ГОУ ВПО СПбГПУ

Анализ температурно-влажностного режима газобетона

Цели работы: выявить зависимость фактического содержания влаги в газобетоне различного возраста от температуры снаружи и внутри здания; оценить влияние влаги на теплоизоляционные свойства газобетона; сравнить российскую и европейскую методики определения температурно-влажностного режима газобетона.

Объектом исследования является газобетон. По строительной классификации газобетон относится к несущо-теплоизоляционным ячеистым стеновым материалам.

Методом исследования является отбор проб газобетона на разной глубине стены и последующая доставка образцов в лабораторию завода АЕРОС для проведения испытаний.

Исследуемыми моделями являются неблагоприятно ориентированные газобетонные стены жилых многоэтажных зданий различных годов сдачи на севере Санкт-Петербурга и кладка газобетонных блоков на территории завода, помещенная в специальные температурные условия.

Для теоретического расчета моделей использована методика, описанная в СНиП [1].

Граничными условиями для эксперимента является начало и конец отопительного периода Санкт-Петербурга.

По результатам проведенных исследований получена кривая зависимости влажности газобетонной стены от температуры на протяжении нескольких лет. На рис. 1 представлен характер изменения влажности стены в зависимости от периода года.

По результатам экспериментальных данных смоделирован график зависимости коэффициента теплопроводности λ от весовой влажности, представленный на рис. 2.



Рис. 1. Изменение влажности стены в зависимости от периода года

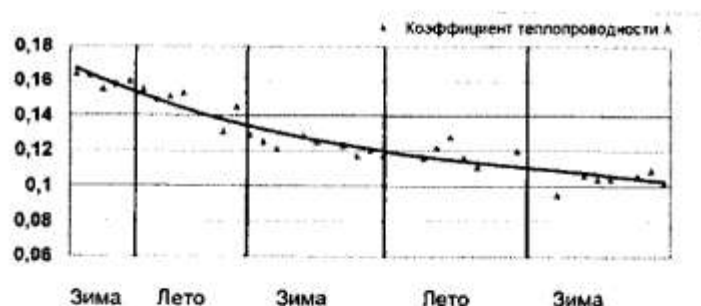


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности от весовой влажности

Из графика (рис. 2) видно, что коэффициент теплопроводности λ не является константой для газобетона и меняет свое значения в зависимости от содержания влаги.

Этот факт имеет существенное значение для проектировщиков тепловой защиты зданий.[2] Поправки на него уточняют существующую методику расчета.

Список источников:

1. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».
2. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
3. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет



Инженерно-строительный факультет
Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29,
тел/факс: 552-94-60, www.stroikursi.spbstu.ru
stroikursi@mail.ru

Приглашает на курсы повышения квалификации руководителей и специалистов организаций, вступающих в СРО в области энергетического обследования

«Проведение энергетических обследований с целью повышения энергетической эффективности и энергосбережения» Код программы: Э-01

В программе курса:

- ✓ Вводная часть. Основные понятия и определения. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года.
- ✓ Нормативно - правовая база. Методология проведения энергетического обследования.
- ✓ Методы расчета нормативов потерь энергоносителей.
- ✓ Нормирование потребления энергоресурсов.
- ✓ Информационное обеспечение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.
- ✓ Приборный учет потребления энергоресурсов.
- ✓ Инструментальное обеспечение при проведении энергетических обследований.
- ✓ Экономические вопросы энергетических обследований.
- ✓ Разработка энергетического паспорта и рекомендаций по выбору энергосберегающих мероприятий.
- ✓ Общие подходы к разработке муниципальных, региональных, отраслевых программ энергоэффективности.
- ✓ Современные энергосберегающие технологии (с учетом отраслевых особенностей).
- ✓ Планирование энергетических обследований и энергоаудита по направлениям.

По окончании курса слушателю выдается удостоверение о краткосрочном повышении квалификации государственного образца (72 ак. часа)

Для регистрации на курс необходимо выслать заявку на участие и копию диплома об образовании по телефону/факсу: 8(812) 552-94-60, 535-79-92, e-mail: stroikursi@mail.ru.

**Библиотека
Инженерно-строительного журнала**

**СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

**Сборник трудов
Всероссийской научно-технической конференции**

Лицензия ИР № 020593 от 07.08.97

Налоговая льгота - Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 — научная и производственная литература

Подписано в печать 10.02.2011. Формат 60×84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 5,5. Уч.-изд. л. 5,5. Тираж 120. Заказ 7157b.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного
составителями, в Цифровом типографском центре
Издательства Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 550-40-14
Тел./факс: (812) 297-57-76

**Инженерно-строительный
журнал**
www.engstroy.spb.ru
Научно-прикладное издание